



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**TARIM PARSELLERİNDEKİ TOPRAK NEMİ VE YER
YÜZEY SICAKLIK REJİMİ DEĞİŞİMİNİN UZAKTAN
ALGILAMA İNDEKSLERİ KULLANILARAK ANALİZİ
MARDİN İLİ ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

Garbi DURSUN

Danışman
Doç. Dr. Sedat DOĞAN

SAMSUN
2024

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



TARIM PARSELLERİNDEKİ TOPRAK NEMİ VE YER
YÜZEY SICAKLIK REJİMİ DEĞİŞİMİNİN UZAKTAN
ALGILAMA İNDEKSLERİ KULLANILARAK ANALİZİ
MARDİN İLİ ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Garbi DURSUN

Danışman

Doç. Dr. Sedat DOĞAN

SAMSUN
2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Garbi DURSUN tarafından, Doç. Dr. Sedat DOĞAN danışmanlığında hazırlanan “TARIM PARSELLERİNDEKİ TOPRAK NEMİ VE YER YÜZEY SICAKLIK REJİMİ DEĞİŞİMİNİN UZAKTAN ALGILAMA İNDEKSLERİ KULLANILARAK ANALİZİ MARDİN İLİ ÖRNEĞİ ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.12.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Sedat DOĞAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Prof. Dr. Halil AKINCI Artvin Çoruh Üniversitesi Kartografya Ana Bilim Dalı	<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evett (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

11 / 06 / 2024
Garbi DURSUN

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: TARIM PARSELLERİNDEKİ TOPRAK NEMİ VE YER YÜZEY SICAKLIK REJİMİ DEĞİŞİMİNİN UZAKTAN ALGILAMA İNDEKSLERİ KULLANILARAK ANALİZİ MARDİN İLİ ÖRNEĞİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25/06/2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 3

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

25 / 06 / 2024
Doç. Dr. Sedat DOĞAN

ÖZET

TARIM PARSELLERİNDEKİ TOPRAK NEMİ VE YER YÜZEY SICAKLIK REJİMİ DEĞİŞİMİNİN UZAKTAN ALGILAMA İNDEKSLERİ KULLANILARAK ANALİZİ MARDİN İLİ ÖRNEĞİ

Garbi DURSUN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Aralık/2024

Danışman: Doç. Dr. Sedat DOĞAN

Tarıma elverişli alanlarda nem ve yer yüzey sıcaklığının incelenmesi, tarımsal üretimde verimliliği artırmak ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek için önemlidir. Nem, bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için temel faktörlerden biridir. Yeterli nem içeriği bitki metabolizmasını desteklerken, aşırı nem veya kuraklık bitki sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Yer yüzey sıcaklığı ise bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde doğrudan etkili olan bir diğer faktördür. Yüksek sıcaklıklar bitki büyümesini olumsuz etkileyebiliyorken, uygun sıcaklık koşulları bitki metabolizmasına olumlu yönde etki eder. Bu tezde, 2016 yılı hariç, 2013-2021 yılları arasında Mardin ili Kızıltepe ilçesinin 37° 6' ve 37° 10' Kuzey enlemleri ile 40° 15' ve 40° 25' Doğu boylamlarında yer alan Bağrıbüten ve Başak köylerine ait tarım parsellerinin belli yıllar aralığındaki yer yüzey sıcaklığı ve toprak nem faktörünün incelenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, 2013-2021 yılları için Landsat-8 açık kaynaklı uzaktan algılama uydusu verileri kullanılmıştır. Burada, Google Earth Engine (GEE) kullanılarak çalışma alanında meydana gelen değişiklikleri incelemek için Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksi (NDMI), Yer Yüzey Sıcaklığı (LST) ve Toprak Nem İndeksi (SMI) gibi uzaktan algılama indeksleri hesaplanmıştır. Landsat-8 verilerinden elde ettiğimiz sonuçların doğruluğunu test etmek amacıyla aynı yıllara ait MODIS günlük LST verilerinden de LST haritaları oluşturulmuş ve karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda köy merkezleri ve ekili olmayan ya da daha az ekili tarım parsellerinde sıcaklık değeri fazla ve nem oranı düşük iken ormanlık alan ve yoğun ekili tarım parsellerinde yer yüzey sıcaklığı düşük ve nem oranının yüksek olduğu görülmüştür. Yıllara göre yapılan karşılaştırmada ise 2021 yılında tarım parsellerindeki bitki örtüsü oranı azalırken yer yüzey sıcaklığında artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Landsat, MODIS, NDVI, LST, SMI, GAP, Google Earth Engine, ArcGIS

ABSTRACT

ANALYSIS OF SOIL MOISTURE AND LAND SURFACE TEMPERATURE REGIME CHANGE IN AGRICULTURAL PLOTS USING REMOTE SENSING INDEXES- MARDIN PROVINCE EXAMPLE

Garbi DURSUN

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Surveying Engineering

Master, December/2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sedat DOĞAN

Investigating soil moisture and land surface temperature in agricultural areas is crucial for enhancing agricultural productivity and supporting sustainable farming practices. Soil moisture is a fundamental factor for plant growth and development. Adequate moisture content supports plant metabolism, while excessive moisture or drought can negatively affect plant health. Land surface temperature directly influences plant growth and development. High temperatures can adversely impact plant growth, whereas suitable temperature conditions positively affect plant metabolism. This thesis aims to investigate the land surface temperature and soil moisture factors of agricultural parcels in the villages of Bağrıbüütün and Başak, located between the latitudes of 37° 6' and 37° 10' North and longitudes of 40° 15' and 40° 25' East, in Kızıltepe district, Mardin province, over the years 2013-2021, excluding 2016. In this study, Landsat-8 open-source remote sensing satellite data were used. Remote sensing indices such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Normalized Difference Moisture Index (NDMI), Land Surface Temperature (LST), and Soil Moisture Index (SMI) were calculated using Google Earth Engine (GEE) to analyze changes in the study area. After calculating the results of these indices with GEE, the maps were generated using ArcGIS v10.6.1 by ESRI, Inc. To validate the results obtained from Landsat-8 data, LST maps were also created from MODIS data for the same years and compared. This comparison showed that in village centers and less cultivated or uncultivated agricultural parcels, the temperature values were higher and moisture levels were lower, whereas in forested areas and densely cultivated agricultural parcels, the surface temperature was lower and the moisture levels were higher. When comparing the data over the years, it was observed that the vegetation cover in agricultural parcels decreased and the land surface temperature increased in 2021.

Keywords: Remote Sensing, Landsat, MODIS, NDVI, LST, SMI, GAP, Google Earth Engine, ArcGIS

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında bana destek olan ve katkıda bulunan herkese en içten teşekkürlerimi sunarım. Öncelikle, tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Sedat DOĞAN 'a, çalışmalarım boyunca bana yol gösterdiği, değerli önerileri ve sürekli desteği için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez sürecimde her zaman yanımda olan aileme, bana gösterdikleri sabır, anlayış ve sevgileri için teşekkür ederim. Özellikle anneme ve babama beni bugünlere büyük emeklerle getirdikleri için şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca, çalışma arkadaşlarıma ve dostlarıma, araştırma sürecinde bana sağladıkları yardımlar ve teşvikleri için teşekkür ederim. Değerli arkadaşım Furkan YILĞAN 'a, özellikle araştırma ve analiz aşamasında verdiği değerli katkılar için teşekkür ederim.

Son olarak, bu çalışmanın yürütülmesi için gerekli olan verileri ve kaynakları sağlayan kurum ve kuruluşlara teşekkür ederim. Özellikle DSİ Şanlıurfa 15. Bölge Müdürlüğü'ne ve Mardin Kadastro Müdürlüğü'ne, sağladıkları imkanlar ve destekleri için şükranlarımı sunarım.

Garbi DURSUN
Harita Mühendisi

İÇİNDEKİLER

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	İV
ABSTRACT.....	İV
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR	Viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	İX
TABLolar DİZİNİ	X
1.GİRİŞ	1
2.LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. Uzaktan Algılama Teknolojileri	4
2.1.1.Uydu Türleri ve Kullanılan Sensörler.....	4
2.2. Tarımsal Uygulamalarda Uzaktan Algılama	5
2.2.1.Bitki Sağlığı ve Verimlilik.....	6
2.2.2.Su Yönetimi ve Sulama	7
2.3. Nem ve Sıcaklık Rejimlerinin Önemi	7
2.3.1.Toprak Nemi ve Bitki Sağlığı İlişkisi	7
2.3.2.Sıcaklık Rejimlerinin Bitki Gelişimine Etkisi	8
2.4. Bölgesel Çalışmalar ve Mardin	8
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Çalışma Alanı Tanıtımı	20
3.2. Veri Toplama Yöntemleri	22
3.2.1.Kullanılan Uydu Verileri	22
3.2.2.Veritoplama Süreci.....	22
3.2.3.Veritön İşleme Adımları	22
3.3. Veri Analiz Yöntemleri	23
3.3.1.Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksinin (NDMI) Hesaplanması	23
3.3.2.Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksinin (NDVI) Hesaplanması ...	23
3.3.3.Yer Yüzeyi Emisyon Oranı (ϵ)	24
3.3.4.Uydunun Parlaklık Sıcaklığının Belirlenmesi (B_T)	25
3.3.5.Arazi Yüzey Sıcaklığının (LST) Hesaplanması	25
3.3.6.Toprak Nem İndeksi (SMI)	26
3.3.7.Veritümelerinin Doğruluk Değerlendirmesi ve İstatistiksel Değerlendirilmesi	26
4. SONUÇLAR	27
4.1. Nem Rejimi Sonuçları	27
4.2. Sıcaklık Rejimi Sonuçları.....	30
4.3. İstatistiksel Analizler	33
4.3.1.Korelasyon ve Regresyon Analizleri	33

5. TARTIŞMA	35
5.1. Araştırmanın Sınırlılıkları	37
6.BULGULAR VE ÖNERİLER	37
6.1.Bulgular	37
6.2.Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler	37
KAYNAKLAR	39
ÖZ GEÇMİŞ	44



SİMGELER VE KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DN	: Dijital Numara
GAP	: Güneydoğu Anadolu Projesi
GEE	: Google Earth Engine
LSE	: Kara Yüzeyi Emisyon Oranı
LST	: Yer Yüzeyi Sıcaklığı
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
NDMI	: Normalize Fark Bitki Nemi İndeksi
NDVI	: Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi
RMSE	: Karese Ortalama Hata
SAR	: Sentetik Açıklıklı Radar
SMI	: Toprak Nem İndeksi
UA	: Uzaktan Algılama

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı	20
Şekil 3.2. Tarım parselleri.....	21
Şekil 4.1. Çalışma alanının NDVI haritaları	27
Şekil 4.2. Çalışma alanının NDMI haritaları	28
Şekil 4.3. Çalışma alanının NDVI (yukarı) ve NDMI (aşağı) haritaları.....	29
Şekil 4.4. Çalışma alanının LST haritaları.....	30
Şekil 4.5. Çalışma alanının SMI haritaları.....	31
Şekil 4.6. Çalışma alanının SMI (yukarı) ve LST (aşağı) haritaları	32
Şekil 4.7. Landsat LST' nin MODIS LST ile genel doğruluk değerlendirmesi.....	34
Şekil 4.8. Tüm yıllar için NDVI ve LST arasındaki dağılım grafikleri.....	36
Şekil 4.9. Tüm yıllar için NDVI ve NDMI arasındaki dağılım grafikleri	37
Şekil 4.10. Tüm yıllar için SMI ve NDMI arasındaki dağılım grafikleri	38

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çalışma alanında yer alan Mardin İli Kızıltepe ilçesinin yıllara göre meteorolojik verileri.....	22
Tablo 4.1. Uzaktan algılama indekslerinin yıllar itibarıyla ortalama değerleri.....	34
Tablo 5.1. Uzaktan algılama indekslerinin Pearson korelasyon katsayıları.....	36



1.GİRİŞ

Tarımsal faaliyetler, insanlık tarihi boyunca toplumların temel geçim kaynağı olmuştur ve günümüzde de tarım, milyarlarca insanın hayatında önemli bir rol oynamaktadır. Tarımsal üretim, gıda güvenliği, ekonomik kalkınma ve kırsal kalkınma gibi birçok konu üzerinde kritik önem taşımaktadır. Dünya üzerindeki hızlı nüfus artışı beslenme ihtiyacını arttırmakta fakat doğal kaynakların insan ihtiyaçları nedeni ile tüketimi yüzünden su kaynaklarında azalma olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca artan nüfusun barınmaya olan ihtiyacı nedeniyle tarımsal alanlar yerleşime açılmakta ve bu durum toprak yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Bilimsel çalışmalar, 2050 yılında tarımsal üretimin artan hızlı nüfusun tamamına yiyecek olanağı sağlayamayacağını göstermektedir (FAO, 2009). Artan nüfusun neden olduğu hava kirliliği ve dünyada gelişen teknoloji ile birlikte oluşan küresel radyasyon düşünüldüğünde ve bunun üzerine küresel ısınmanın etkileri eklendiğinde iklimsel etkiler de ortaya çıkmaktadır. Etkilenen bu iklim koşulları beklenenden farklı yağış varyasyonlarına neden olarak tarım alanlarında abiyotik stres faktörlerine neden olmaktadır. Bu faktörler, toprakta ya da bitkideki nem değişiklikleri olarak değerlendirilebilir ve kuraklık ile ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, iklim değişikliği, tarımsal üretim üzerindeki en büyük tehditlerden biridir. Değişen iklim koşulları, tarım alanlarının su ve sıcaklık rejimlerini değiştirerek bitki büyümesini ve ürünlerin verimliliğini de etkilemektedir. Bu durum, özellikle su kıtlığı yaşayan bölgelerde, tarımsal üretim ve gıda güvenliği üzerinde ciddi etkiler yaratabilmektedir. Bu nedenle, gıda ihtiyacını karşılamak için dünya genelinde hassas tarım uygulamalarının önü açılmakta ve daha gelişmiş sulama sistemleri keşfedilmektedir (Nadafzadeh ve Abdanan Mehdizadeh, 2019). Tarım sektöründeki bu etkileri hafifletmek için modern tarım teknikleri ve uzaktan algılama teknolojileri giderek daha fazla kullanılmaktadır (Sweet vd., 2022).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi, tarihsel olarak Türkiye'nin geçmişten günümüze en çok ekonomik sorun yaşadığı ve zorlu yaşam koşullarına sahip bölgelerden biri olmuştur. Bu sorunların, altyapı olanaklarının yetersiz olması, eğitime erişimde zorluk gibi birçok nedeni bulunmaktadır (Karaalp-Orhan, 2020). Altyapının yetersiz olması ve sanayileşmenin gelişmemesi nedeniyle bölgede yaşayan insanlar genellikle geçimlerini tarım ve hayvancılıkla sağlamaktadırlar (Hadrovic, 2024). Bunun sebebi

bölgedeki alçak arazi yapısı ve kurak iklim koşullarının etkisiyle bölgedeki su kaynaklarının tarım yapmaya elverişsiz olmasıdır (Dai vd., 2021). Özellikle bölgede kalkınma projeleri uygulanmadan önce tarım parsellerinin geniş olması nedeniyle çiftçiler genellikle tarımsal sulama için sondaj uygulamalarına başvurmuştur (Miyata ve Fujii, 2007). Bu nedenle, tarımsal faaliyetlerin verimli ve hassas bir şekilde yürütülebilmesi için yeterli su kaynaklarının bölgeye ulaşması büyük önem taşımaktadır.

1970'li yılların sonlarında, Türkiye'nin güneydoğu bölgesinde sosyo-ekonomik kalkınmanın sağlanarak tarıma yönelik sulama kaynaklarının oluşturulması ve bölge halkının yaşam kalitesinin artırılması amacıyla bir kalkınma projesi başlatılmıştır (Bilgen, 2019). Kalkınma projesi, 1980'li yılların başında dönemin Başbakanı Süleyman Demirel tarafından Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) adı altında resmen hayata geçirilmiştir. GAP ile bölgedeki su kaynaklarının, enerji üretiminin, tarımsal kalkınmanın, endüstriyel kalkınmanın ve altyapının geliştirilmesi hedeflenmiştir (Balat, 2003). Ancak GAP, bölgedeki çevresel etkilerine ilişkin endişeler nedeniyle zaman zaman eleştirilenler tarafından tartışmalara neden olmuştur. GAP ile bölgenin bazı köylerinde sulama sorunu çözülmüştür ancak GAP kapsamında olmasına rağmen 2016 yılına gelindiğinde bile tarımsal sulama için su bulunmayan çok sayıda tarım parseli ortaya çıkmıştır (Kankal vd., 2016). Bu durum, GAP'ın uygulamada 2016 yılına kadar çok büyük ilerleme kaydetmediğini göstermektedir. 2024 yılında ise bölgede tarım parseli sayısının artmasına rağmen su ihtiyacı yeteri kadar karşılanamamaktadır.

Tarımsal faaliyetin gerçekleştirilebilmesi için su kaynaklarının öneminin yanı sıra topraktaki nem içeriğinin dengesi de toprağın yapısının korunması açısından önem taşımaktadır (Geng vd., 2015; Bogati vd., 2022). Çünkü topraktaki nem seviyesi, arazi bozulmasını önlemek ve toprak sağlığını korumak açısından önemli bir faktördür. Ayrıca, düşük topraktaki nem seviyelerinin arazi yapısı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu bilinmektedir (Faruqi, 2021). Bununla birlikte iklim koşulları toprağın nem içeriğini etkilemekte ve topraktaki nem oranının düşük olması Güneydoğu Anadolu Bölgesi gibi yarı kurak ve kurak bölgelerde toprakta tuzlanmaya neden olmaktadır (Rogel vd., 2000; Daliakopoulos vd., 2016). Ayrıca toprağın ve bitkilerin nem içeriği tarım ürünlerinde olduğu gibi bitki örtüsünün sağlığını da etkilemektedir.

Mardin, Türkiye'nin Güneydoğusunda yer alan zengin tarımsal faaliyetlere sahip bir bölgedir. Bölgenin tarımsal üretim potansiyeli; iklimi, toprak yapısı ve su kaynakları gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenmektedir. Mardin'de tarımsal üretim, genellikle mısır, buğday, arpa, pamuk, zeytin ve meyve gibi ürünler üzerine odaklanmıştır. Bölgenin iklimi, yaz aylarında sıcak ve kurak, kış aylarında ise soğuk ve yağışlı olmaktadır. Bu iklim koşulları, tarımsal üretim üzerinde doğrudan etkilidir ve su yönetimi ile tarımsal sulamanın önemini arttırmaktadır. Mardin'in tarımsal yapısı, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını ve iklim değişikliği ile uyumlu tarım uygulamalarını gerektirmektedir.

Tarım parsellerinde toprağın nem ve sıcaklık rejimini değerlendirmek için bilim insanları tarafından uzaktan algılama teknikleri ve zemin ölçümleri gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Ancak uzaktan algılama yöntemleri arazi yüzey sıcaklığı, bitki örtüsünün ve toprağın nem içeriğinin yanı sıra bitki örtüsü yoğunluğunun araştırılmasında da fayda sağlamaktadır. Bununla birlikte uzaktan algılama yöntemleri, yer ölçümlerine göre daha hızlıdır ve geniş alanları gözleme olanağına sahiptir. (Ozesmi ve Bauer, 2002).

Bu araştırmanın temel amacı, Mardin'deki tarım arazilerinin belirli yıllardaki nem ve sıcaklık rejimini uzaktan algılama verileri kullanarak incelemektir. Bu bağlamda, yarı kurak ve kurak bölgelerde toprak ve bitki örtüsü yapısının anlaşılması, toprağın ve bitkilerin korunması, sürdürülebilirlik ve toprak sağlığı açısından nem ve yüzey sıcaklık rejiminin araştırılması önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Landsat 8 uydu verileri kullanılarak Mardin'deki tarım arazilerinin nem ve sıcaklık değişimleri analiz edilmiştir. Yapılan çalışmanın, Mardin'de 2013-2021 yılları arasında tarımsal faaliyetlerin gelişimi, toprağın nem içeriği ve yer yüzey sıcaklığı hakkında literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2.LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Uzaktan Algılama Teknolojileri

Uzaktan algılama sistemleri, uyduların geniş gözlem ve farklı dalga boylarındaki algılama yeteneği sayesinde günümüzde birçok mekânsal ve çevresel analiz için aktif olarak kullanılabilir (Lillesand vd., 2015). Tarım alanlarındaki abiyotik stres faktörlerinin analizleri, okyanus ve denizlerdeki buzların tespiti, orman yangınları ve sel gibi doğal afetlerin izlenmesi bazı çevresel analizlere örnek olarak gösterilebilir.

2.1.1.Uydu Türleri ve Kullanılan Sensörler

Uzaktan algılama teknolojilerinde kullanılan çeşitli uydu sistemleri ve sensörler bulunmaktadır. Uzaktan algılama teknolojilerinde kullanılan bu sensörler elektromanyetik spektrumun farklı bölgelerinden veri toplayarak birçok hava, toprak, su ve bitki kalitesi gibi çevresel konularda ve özellikle tarımsal faaliyetler için çeşitli veriler sunmaktadır:

- **Optik Sensörler:** Optik sensörler, yapay enerji kaynaklarını kullanarak veri toplayan sensörlerdir. Özellikle görünür ve yakın kızılötesi (NIR) bölgelerden veri toplamaktadırlar (Dharaiya, 2021). Bu sensörler, bitki sağlığı ve yoğunluğunu değerlendirmek için kullanılmaktadırlar. Örneğin, Landsat serisi uydular, bu tür sensörlerle donatılmıştır ve bitki örtüsünün fotosentetik aktivitesini değerlendirmek için faydalı veriler sağlamaktadır (Campbell ve Wynne, 2011). Dolayısıyla bu sensörler, tarımsal alanlardaki verimliliği artırmak ve tarım ürünlerinin nem tutuculuğunu analiz etmek için kritik öneme sahiptirler.
- **Termal Sensörler:** Termal Sensörler, yer yüzey sıcaklıklarını ölçmek ve bu ölçülen verilerin mekânsal ve zamansal değişimlerini izlemek amacıyla kullanılmaktadırlar. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) ve Landsat 8, termal bantlara sahip olan uydu sistemlerinden bazılarıdır. Termal sensörler, cisimlerin yaydığı elektromanyetik enerjinin yayılımını gözlemlemede kullanıldığı için tarımsal

alanlardaki biyotik ve abiyotik stres faktörlerini incelemede ciddi katkı sağlamaktadırlar (Janga vd., 2023).

- **Radar Sensörler:** Radar sensörleri, mikrodalga frekanslarından veri toplamakta ve bulutlu hava koşullarında bile veri sağlayabilmektedirler. Sentinel-1, bu tür sensörlere sahip olan uydu sistemlerinden biridir. Radar sensörleri de toprağın nem ve sıcaklık durumu hakkında veri analizleri yapılırken kullanılmaktadır ve bitkinin klorofil yapısı, radar uyduları kullanılarak analiz edilebilmektedir. Radar teknolojisi, bitki biyokütlesi ve toprak nem içeriği gibi özelliklerin değerlendirilmesinde önemli rol oynamasının yanı sıra hava koşullarından etkilenmemesi ve gece gözlemleri yapabilmesinden dolayı avantaj da sağlamaktadır (Akash vd., 2024).

2.2. Tarımsal Uygulamalarda Uzaktan Algılama

Bitki sağlığı, su yönetimi, verim tahmini ve hastalık tespiti gibi birçok alanda uzaktan algılama verileri kullanılmaktadır. Uzaktan algılama verilerinin tarımsal uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Normalleştirilmiş fark; bitki örtüsü indeksi (NDVI), normalleştirilmiş fark nem indeksi (NDMI), yer yüzey sıcaklığı (LST) ve toprak nem indeksi (SMI) gibi uzaktan algılama indeksleri kullanılarak iklim ve toprak bozulması üzerine çok sayıda tarımsal araştırma mevcuttur.

GAP'ta proje alanı içerisinde yer alan Şanlıurfa ilinde, 1993-2002 yılları arasındaki tarım parsellerindeki nem ve sıcaklık değişimi, uzaktan algılama yöntemleriyle incelenmiştir. Araştırmaya göre, GAP'ın başlamasının üzerinden yaklaşık 15 yıl geçmesine rağmen sulamada nispeten büyük bir artış yaşandığına ve sulanabilir alanların halihazırda gelişmiş olduğuna işaret edilmiştir (Özdoğan vd., 2006).

Bir başka çalışmada ise Güneydoğu Anadolu Bölgesinin nüfus bakımından en büyük şehirlerinden biri olan Şanlıurfa'da 1998-2015 yılları arasındaki LST değişimi uzaktan algılama verileri kullanılarak incelenmiştir. Çalışma, 1998-2015 yılları arasında bölgede önemli bir LST değişiminin olduğunu göstermiştir. 1998 yılında LST değerleri 25-30 °C arasında iken, 2015 yılında 45-50 °C'ye yükselmiştir (Polat ve Uğur, 2016).

Polat (2020) tarafından Mardin’de yapılan bir diğere çalışmada ise Landsat uydu görüntüleri kullanılarak LST’nin 29 yıllık değişimi analiz edilmiş ve bölgedeki ortalama sıcaklığın her yıl 0,5 C arttığı belirlenmiştir.

Başka bir çalışmada ise Sentinel-1 sentetik açıklıklı radar (SAR) görüntülerini, NDVI, NDMI, LST gibi Landsat serisinden çeşitli uzaktan algılama indeksleriyle birleştirerek tarımsal kuraklığın etkileri irdelenmiştir. Araştırmaya göre LST, özellikle mısır ve ayçiçeği gibi tarım mahsulleri için önemli bir parametre haline gelmektedir. (Ghazaryan ve ark., 2020).

Toprak bozulmasının kuraklık ve iklim değişikliği ile ilişkili olduğunu öne sürmüş ve bitki örtüsü yoğunluğu hakkında bilgi sağlayan NDVI uzaktan algılama indeksini kullanarak toprak bozulmasını analiz etmiştir. Ayrıca alışma, iklim değişikliğiyle ilişkilendirilen arazi bozulmasının, düşük gelirli ülkelerin kırsal alanlarındaki büyümeyi uzun yıllar boyunca olumsuz etkilediğini ortaya koymuştur (Hermans ve McLeman, 2021).

Živaljević vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada ise tarımsal ürünlerdeki kuraklığı izlemek için Sentinel-2 uzaktan algılama görüntüleri kullanılarak ürünlerin nem seviyesi analiz edilmiş ve Güneydoęu Anadolu'daki belirli tarım parsellerinde yaz sezonu için NDMI hesaplanmıştır.

2.2.1.Bitki Sağlığı ve Verimlilik

Bitki sağlığını izlemede kullanılan yöntemler arasında uzaktan algılama verileri de bulunmaktadır. NDVI gibi bitki indeksleri, bitki stresini ve hastalıklarını erken tespit etmeye yardımcı olabiliyorken NDWI ve NDMI bitkilerin sahip olduğu nem stresini belirlemede önemli rol oynamaktadırlar (Tucker, 1979). Bu uzaktan algılama indeksleri, tarımsal ürün üreticilerinin zamanında müdahale ederek ürün kayıplarını azaltmalarına olanak tanımaktadır.

Uzaktan algılama teknolojilerinin bitki sağlığı izleme konusunda birçok uygulama rneği bulunmaktadır. Örneğin, in'de yapılan bir çalışma, pirinç tarlalarında NDVI kullanarak bitki sağlığını izleyip, çiftçilerin hastalıkları erken tespit etmelerini sağlamıştır (Zhang vd., 2021).

Ayrıca, Hindistan'da da yapılan başka bir çalışmada, uzaktan algılama verilerini kullanarak tarım arazilerinde verim tahmini yapılmış ve bu verilerin tarımsal planlamada nasıl kullanılabileceği gösterilmiştir (Gumma vd 2022).

2.2.2.Su Yönetimi ve Sulama

Uzaktan algılama, tarımsal sulamanın planlamasında ve uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır ve sulama ihtiyaçlarının belirlenmesine, su kaynaklarının verimli kullanılmasına yardımcı olmaktadır. Literatürde, uzaktan algılama verilerinin su yönetimi ve sulama planlamasında etkin bir şekilde kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Geçmişte kullanılan su yönetim modellerinin genellikle çiftlik gelirini artırma, su baskını risklerini en aza indirme ve yeraltı su kaybını azaltma hedeflerini dikkate aldığını ortaya koymuştur (Singh, 2014). Kaliforniya'da yapılan bir çalışma, uzaktan algılama verilerini kullanarak analiz edilen sulama planlamasında su tasarrufu sağlandığını göstermiştir (Xue vd, 2021).

2.3. Nem ve Sıcaklık Rejimlerinin Önemi

2.3.1.Toprak Nemi ve Bitki Sağlığı İlişkisi

Toprak nemi, bitki köklerinin su alımını ve su tutuculuğunu doğrudan etkiler. Eğer yeterli toprak nemi ortamda bulunmazsa, bitki büyümesi olumsuz etkilenmekte ve su eksikliği toprağın yapısındaki bozulmaların yanı sıra bitki stresine sebep olmaktadır (Sklenicka vd., 2014). Uzaktan algılama verileri, toprağın nem durumu hakkında bilgi sağlayarak sulama ihtiyaçlarının belirlenmesine de yardımcı olmaktadır. Yapılan birçok çalışmada, uzaktan algılama verileri kullanılarak toprak nemi ve bitki sağlığı arasındaki ilişki incelenmiş ve çalışmalar su yönetiminin geliştirilmesine yardımcı olmuştur. Çek Cumhuriyeti'nde tarımda verimliliğin ve sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla uygulamaya sokulan yeni bir kanun düzenlemesinin toprağın nem ve sıcaklık rejimi üzerindeki etkileri uzaktan algılama verileriyle incelenmiştir (Yılğan vd., 2022). Çalışmaya göre, parsel büyüklüğünün toprağın nem ve sıcaklık rejimi üzerinde rol oynadığı belirtilmiştir. Ayrıca, Brezilya'da Roque vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, uzaktan algılama verilerini kullanarak toprak nemi ve soya bitkisi sağlığı arasındaki ilişki incelenmiş ve çalışma, su yönetimi stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olmuştur.

2.3.2.Sıcaklık Rejimlerinin Bitki Gelişimine Etkisi

Sıcaklık, bitki büyüme hızını ve gelişimini etkileyen önemli bir faktördür, bu nedenle yüksek sıcaklıklar bitki stresine ve hastalıklara yol açabilirken, düşük sıcaklıklar ise bitki büyümesini yavaşlatabilmektedir (Lobell ve Gourdji, 2012). Uzaktan algılama verileri, tarımsal alanlardaki sıcaklık değişimlerini izlemek için kullanılabilir. İspanya'da yapılan bir çalışma, uzaktan algılama verilerini kullanarak yer yüzey sıcaklıklarını izlemiş ve bu verilerin zeytin ağaçlarının sağlığı ve verimliliği üzerindeki etkilerini analiz etmiştir (Anastasiou vd., 2023). Hindistan'da Tripathi vd. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, uzaktan algılama verileri kullanarak tarlalarının yüzey sıcaklıkları izlenmiş ve bu verilerin bitki sağlığı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

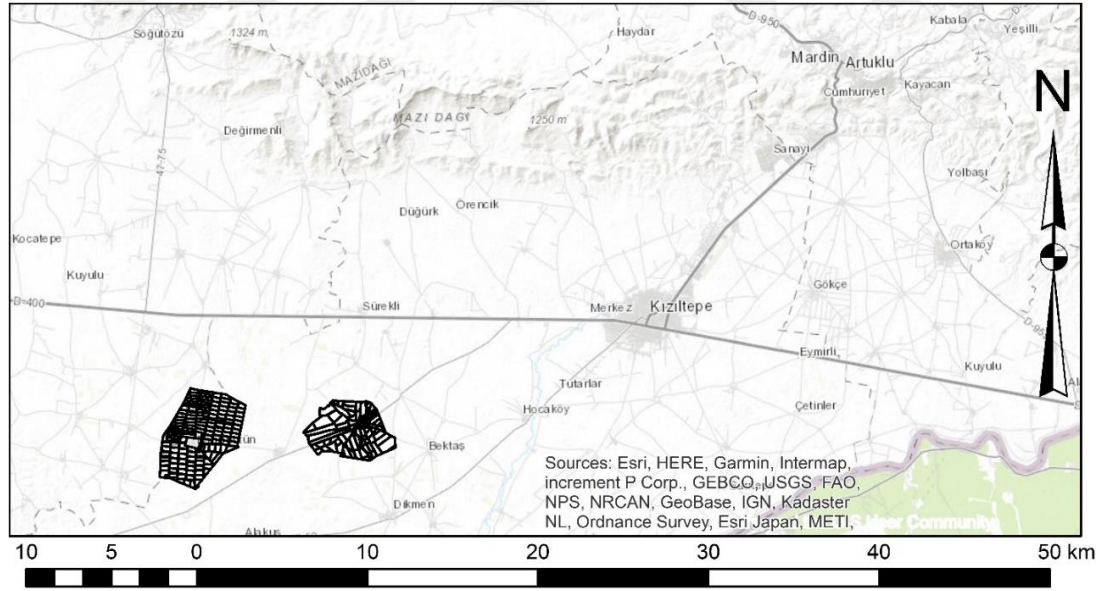
2.4. Bölgesel Çalışmalar ve Mardin

Mardin, tarımsal üretim açısından Türkiye'nin önemli bölgelerinden biridir. Fakat sulama imkânlarının yetersizliği nedeniyle tarımsal üretim istenilen seviyelere ulaşamamış böylece bölge ekonomi ve kalkınma açısından Türkiye'nin gelişmemiş bölgelerinden birisi olmaya devam etmektedir. Bölgedeki tarımsal faaliyetler ve ekonomik kalkınma, iklim, toprak yapısı ve su kaynakları gibi çeşitli faktörler tarafından belirlenmektedir. Mardin'de tarımsal izleme ve yönetim konularında yapılan çalışmalar, bu bölgedeki tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için önemli bilgiler sunmaktadır. Mardin'de, uzaktan algılama verilerini kullanarak yapılan bir çalışmada buğday tarlalarının NDVI analizi yapılmış ve bu verilerin tarımsal planlamada nasıl kullanılabileceği gösterilmiştir (Kizilgeci vd 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanı Tanıtımı

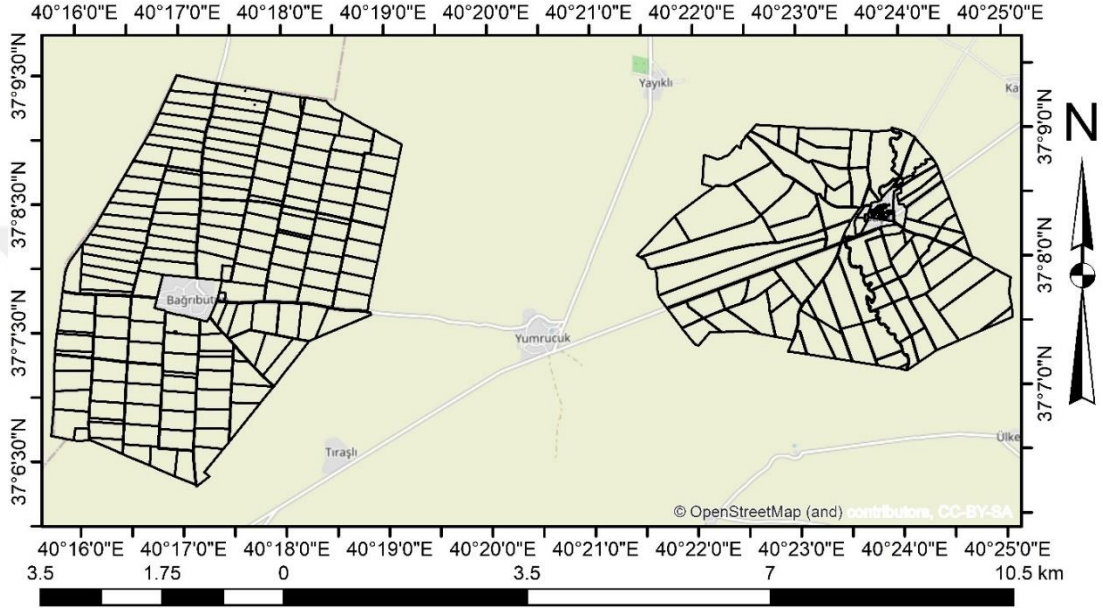
Mardin, Türkiye'nin güneydoğusunda yer alan ve Suriye sınırında bulunan bir ilimizdir. Genel olarak bölge, ovalar ve nehir vadileri gibi çeşitli coğrafi özelliklere sahiptir. Mardin'in toplam yüzölçümü yaklaşık 8.858 kilometrekaredir ve deniz seviyesinden yüksekliği ortalama 1.083 metredir (Kılıçaslan, 2024) Bölgede, Dicle Nehri'nin kolları ile sulanan verimli tarım toprakları bulunmaktadır. Mardin, karasal iklim özelliklerine sahip olup, yazları sıcak ve kurak iken, kışları ise soğuk ve yağışlıdır. Yaz aylarında sıcaklıklar genellikle 35-40°C arasında değişirken, kış aylarında sıcaklıklar nadiren 0°C'nin altına düşmektedir (Doğan vd., 2023). İklim koşulları, tarımsal üretim üzerinde doğrudan etkilidir ve su yönetiminin etkin kullanılması açısından önem arz etmektedir. Sulama, özellikle yaz aylarında tarımsal üretim için önemli bir rol oynamaktadır. Bölgedeki sulama sistemleri, tarımsal verimliliği arttırmak için sürekli olarak devlet destekli projeler tarafından geliştirilmektedir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

Geçmişten günümüze tarım parsellerinin ve çiftçilik faaliyetlerinin bulunduğu Başak ve Bağrıbüyük köyleri çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu köyler Türkiye'nin Mardin ili Kızıltepe ilçesinin güneybatısında, 37° 6' ve 37° 10' Kuzey enlemleri ve 40° 15' ve 40° 25' Doğu boylamlarında yer almaktadır. İnceleme bölgesinin toplam alanı

yaklaşık 7500 hektardır. Araştırmada iki köye ait toplam 311 tarım parseli kullanılmıştır. Söz konusu tarım parsellerinin alanı yaklaşık 3000 hektar olup, toplam çalışma bölgesinin %40'ını temsil etmektedir. Çalışma alanı Şekil 3.1 ve tarım parselleri Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Tarım parselleri 2020 ve 2021 yıllarında bölgede arazi toplulaştırma uygulamaları sırasında Şanlıurfa Devlet Su İşleri (DSİ) 15. Bölge Müdürlüğünden alınmıştır.



Şekil 3.2. Tarım parselleri

Sensörün termal gözlem imkânı ve kabiliyeti nedeniyle veri olarak Landsat-8 açık kaynaklı uzaktan algılama uydusu verileri seçilmiştir. Landsat-8, 100 metre mekânsal çözünürlüğe sahip iki termal bandın yanı sıra 30 metre mekânsal çözünürlüğe ve 16 gün zamansal çözünürlüğe sahip toplam on bir banda sahiptir. Veri setinin zaman aralığı, çalışma bölgesindeki tarımsal faaliyetlerin yoğunluğu nedeniyle 1 Nisan ile 30 Mayıs tarihleri arasında seçilmiştir. Veri seti, bulut koşulları nedeniyle 2016 yılı hariç, 2013 yılından 2021 yılına kadar olan 8 yılı kapsamaktadır. Tüm yıllarda uydu görüntüleri Mayıs ayından seçilmiştir. Ancak Mayıs 2014'teki görüntüler bulutlu hava koşulları nedeniyle yeterince uygun olmadığından 2014'teki görüntü Nisan ayından seçilmiştir. Uydu görüntülerinin bulut örtüsü %10'dan az olacak şekilde filtrelenmiştir.

Çalışma bölgesini kapsayan Mardin Kızıltepe ilçesine ait yıllık ortalama yağış ve hava sıcaklığı verileri, meteorolojik verileri arşivleyen <https://www.meteoblue.com/tr> web

sitesinden elde edilmiştir. Bölgeye ait yıllık hava sıcaklığı ve yağış verileri Tablo 3.1'de sunulmuştur. En yüksek yağış 2019 yılında 639 mm olarak kaydedilirken en yüksek ortalama hava sıcaklığı ise 2021 yılında 20,9 °C olarak Mardin, Kızıltepe'de ölçülmüştür.

Tablo 3.1. Çalışma alanında yer alan Mardin İli Kızıltepe ilçesinin yıllara göre meteorolojik verileri

Meteorolojik Veriler	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Sıcaklık (°C)	19.5	20.5	19.8	19.8	20.8	19.6	20.2	20.9
Yağış (mm)	359	340	334	240	599	639	462	158

3.2. Veri Toplama Yöntemleri

3.2.1.Kullanılan Uydu Verileri

Landsat 8, optik ve termal bantlar sağlayarak bitki sağlığı ve yüzey sıcaklığı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır (Roy vd., 2014). MODIS günlük 1 km mekânsal çözünürlüklü LST verileri ise karşılaştırma yapmak amacıyla çalışmada kullanılmıştır.

3.2.2.Veritoplama Süreci

Bu tezde, 2013-2021 yılları arasında toplanan veriler kullanılmıştır. Uydu görüntüleri, her sene için Mayıs aylarında alınmış ve analiz edilmiştir. Uydu görüntülerinin bu ayda alınmasının nedeni ise mahsullerin mayıs ayında hasat edilmeden önce en olgun hallerinde olmalarıdır. Uydu görüntüleri, Google Earth Engine (GEE) platformu kullanılarak işlenmiş ve analiz edilmiştir (Gorelick vd., 2017). GEE, büyük veri setlerini hızlı ve verimli bir şekilde işlemek için bulut tabanlı bir platform kullanmaktadır. Ayrıca, GEE Python ve JavaScript yazılımlarının arayüzleri ve kodları veri işleme için kullanılmaktadır.

3.2.3.Veritön İşleme Adımları

Toplanan uydu verileri, analiz öncesinde çeşitli ön işleme adımlarından geçirilmiştir. Bu adımlar şunları içermektedir:

- **Geometrik Düzeltme:** Geometrik Düzeltme, uydu görüntülerinin coğrafi olarak doğru hizalanması ve yersel koordinatlar ile karşılaştırılması için gerekmektedir (Roy vd., 2014).
- **Atmosferik Düzeltme:** Bu adımda bulutlar, sis ve hava kirliliği gibi atmosferik etkilerin görüntü kalitesi üzerindeki etkileri giderilmektedir (Chander vd., 2009).
- **Bulut Maskesi Oluşturma:** Bulutlu bölgelerin kesilerek analiz dışında tutulması ve verilerin doğruluğuna etki etmemesi sağlanmaktadır (Zhu ve Woodcock, 2012).

3.3. Veri Analiz Yöntemleri

3.3.1. Normalleştirilmiş Fark Nem İndeksinin (NDMI) Hesaplanması

NDMI, Landsat-8 uydu görüntülerinin yüzey yansıma verileri, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi bantlarını kullanarak hesaplanmaktadır. (Taloor vd., 2021). Denklemden verilen formül (3.1) (Xu, 2006) tarafından çalışma alanındaki NDMI değerlerinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR_1}{NIR + SWIR_1} \quad (3.1)$$

NIR yakın kızılötesi bandını temsil etmektedir, SWIR₁ ise Landsat-8 uydusunun ilk kısa dalga kızılötesi bandıdır ve bandın dalga boyu 1,57-1,65 µm aralığındadır.

3.3.2. Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksinin (NDVI) Hesaplanması

Bitki sağlığı ve verimliliğini izlemek için çeşitli bitki indeksleri kullanılmaktadır. En yaygın olanı NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) olup bitki örtüsünün yoğunluğu ve sağlığı hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. NDVI, kırmızı ve yakın kızılötesi bantlardan elde edilen yansıma değerleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (3.2)$$

Bu formül, bitki örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır (Tucker, 1979). Diğer önemli bitki indeksleri arasında aşağıdaki başlıklar yer almaktadır:

3.3.3.Yer Yüzeyi Emisyon Oranı (ϵ)

Emisivite, güneşten ve diğer enerji kaynaklarından elektromanyetik enerjinin emilmesi nedeniyle nesnelere yayılan ışınım enerjisidir. Yayılma aralığı 0 ile 1 arasındadır. 0, bir kara cisim temsil etmektedir, 1 ise bir nesne için mükemmel bir yansıtıcı anlamına gelmektedir (Sobrino vd., 2004; Weng vd., 2004).

Bu çalışmada çıplak toprak ve bitki örtüsünün birbirinden ayırt edilmesi amacıyla Sobrino ve Raissouni (2000) tarafından ortaya atılan NDVI eşik yöntemi uygulanmıştır. Eşik yöntemine göre, 0,2 ile 0,5 arasında düşen NDVI değerleri hem toprak hem de bitki örtüsü olarak karışık piksellerdir ve karışık çıplak toprak ve bitki örtüsünü ifade etmektedir. Emisyon katsayısı Denklem 3.3 kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$\epsilon = \epsilon_V * PV + \epsilon_S * (1 - PV) + d\epsilon \quad (3.3)$$

Burada ϵ_S çıplak toprak emisyonunu, ϵ_V bitki örtüsünün emisyonunu ve PV bitki örtüsünün oranını göstermektedir. PV'nin hesaplanması, Denklem 3.4'te gösterildiği gibi yüksek çıplak toprak 0,2 ve düşük bitki örtüsü 0,5 olan bazı belirli NDVI değerleriyle ilişkilidir.

$$PV = \left(\frac{(NDVI - NDVI_{Minimum})}{(NDVI_{Maximum} - NDVI_{Minimum})} \right)^2 \quad (3.4)$$

$d\epsilon$ parametresinin formülü , nesnelere şekil ve geometri faktörüne karşılık gelmektedir, denklem 3.5'te gösterilmektedir.

$$d\epsilon = (1 - \epsilon_S) * (1 - PV) * F * \epsilon_V \quad (3.5)$$

Burada F, Sobrino vd. (1990) tarafından tanımlandığı gibi 0,55 olarak kabul edilen ortalama değerle, Dünya'nın topografyasıyla ilişkili sabit şekil faktörünü temsil etmektedir.

3.3.4.Uydunun Parlaklık Sıcaklığının Belirlenmesi (B_T)

Landsat 8 ham verileri, daha önce Ihlen (2019) tarafından incelendiği gibi, dönüşüm denklemi 3.6 kullanılarak başlangıçta anlamlı birimler içermeyen kalibre edilmemiş dijital sayılar (DN) olarak depolanan veriler nedeniyle anlamlı spektral değerlere dönüştürülmektedir.

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{CAL} + A_L \quad (3.6)$$

Burada L_{λ} atmosferin tepesindeki spektral parlaklık değerleridir ve bu değerler dijital sayılarda (DN) Q_{CAL} olarak kaydedilen uydunun termal bandı ile ilişkilidir. Uydunun meta verilerinde A_L ve M_L gibi ek parametreler mevcuttur. M_L bir yeniden ölçeklendirme faktörü olarak işlev görürken A_L , ilave bir yeniden ölçeklendirme faktörü olarak işlev görmektedir. Verilerin parlaklık sıcaklığının hesaplanması denklem 3.7 ile elde edilmektedir:

$$B_T = (K_2 / (\ln(K_1 / L_{\lambda}) + 1)) \quad (3.7)$$

K_2 ve K_1 termal dönüşüm sabitleridir, L_{λ} ise atmosferin tepesindeki spektral parlaklık değeridir. B_T uydunun Kelvin (K) birimi cinsinden ölçülen parlaklık sıcaklığıdır. 0 santigrat derecenin ($^{\circ}C$), 273,15 Kelvin'e (K) eşdeğer olduğu kabul edilmektedir.

3.3.5.Arazi Yüzey Sıcaklığının (LST) Hesaplanması

Arazi yüzeyi sıcaklığı, emisyon ve uydu parlaklık sıcaklık parametrelerinin yanı sıra Planck sabiti kullanılarak hesaplanmaktadır. Dash vd. (2002) tarafından açıklanan LST hesaplama formülü Denklem 3.8'da verilmiştir.

$$LST = \frac{B_T}{1 + (\lambda \times \frac{B_T}{\rho}) \ln(\epsilon)} \quad (3.8)$$

Burada B_T uydunun Kelvin birimi cinsinden parlaklık sıcaklığıdır, λ yayılan ışınım değerinin ortalama dalga boyudur ve ρ bir Planck sabitini temsil etmektedir.

3.3.6. Toprak Nem İndeksi (SMI)

Toprağın nem içeriği hakkında bilgi veren toprak nem indeksi, denklem 3.9'da (Hunt) verilen formülle en yüksek ve en düşük LST değerlerinin farkı kullanılarak hesaplanmaktadır (Liu vd., 2020)

$$SMI = \frac{(LST_{Maximum} - LST)}{(LST_{Maximum} - LST_{Minimum})} \quad (3.9)$$

3.3.7. Veri Kümelerinin Doğruluk Değerlendirmesi ve İstatistiksel Değerlendirilmesi

LST değerlerinin doğruluğu, çalışma alanındaki bilgi eksikliği ve yer kontrol noktalarının fazlalığı nedeniyle başka bir referans uydu verisi ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. MODIS günlük LST uydu verileri, çalışma alanındaki 117 rastgele homojen nokta kullanılarak Landsat-8 LST verileriyle karşılaştırılmıştır. MODIS'in günlük LST değerleri 1 km mekânsal çözünürlüğe sahiptir ve doğruluk değerlendirmesi için referans olarak kullanılmak üzere GEE platformu üzerinden elde edilmiştir. Landsat-8 LST ile MODIS LST farklı mekânsal çözünürlüklere sahip olduğu için doğru bir analiz yapılabilmesi adına Landsat-8 görüntüsüne çözünürlük azaltma (downscale) uygulanarak mekânsal çözünürlüğü 1 km'ye dönüştürülmüştür. Karesele ortalama hatası ve iki veri seti arasındaki ilişki Statistica v 14.1 (TIBCO Software Inc.) ile analiz edilmiştir ve ayrıca NDVI, NDMI, LST ve SMI arasındaki korelasyon katsayısı (r) ve belirleme katsayısı (r²) hesaplanmıştır. Toplanan uzaktan algılama indeksi verilerinden, korelasyon (r) ve karesel ortalama hata (RMSE) gibi çeşitli istatistiksel analizler yapılarak toprağın nem ve sıcaklık rejimlerindeki değişikliklerin mekânsal ve zamansal durumları değerlendirilmiştir. Korelasyon analizi, spektral uzaktan algılama indeksleri arasındaki ilişkileri incelemek için yapılmıştır. Çünkü bu ilişkiler, nem ve sıcaklık verilerinin tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini belirlemek için kullanılmaktadır. Tarımsal alanların bitki örtüsü yoğunluğu ve yüzey sıcaklıkları arasındaki ilişkisini değerlendirmek için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve LST (Land Surface Temperature) arasında korelasyon analizleri yapılmıştır. NDVI, bitki örtüsünün yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmek için kullanılırken LST ise, yer yüzey sıcaklıklarını belirlemede kullanılmaktadır. Bu çalışmada, mekânsal analizler ve çıktı haritalarını

oluşturmak için coğrafi bilgi sistemi (GIS) yazılımı ArcGIS kullanılmıştır. (ESRI, 2016).

4. SONUÇLAR

4.1. Nem Rejimi Sonuçları

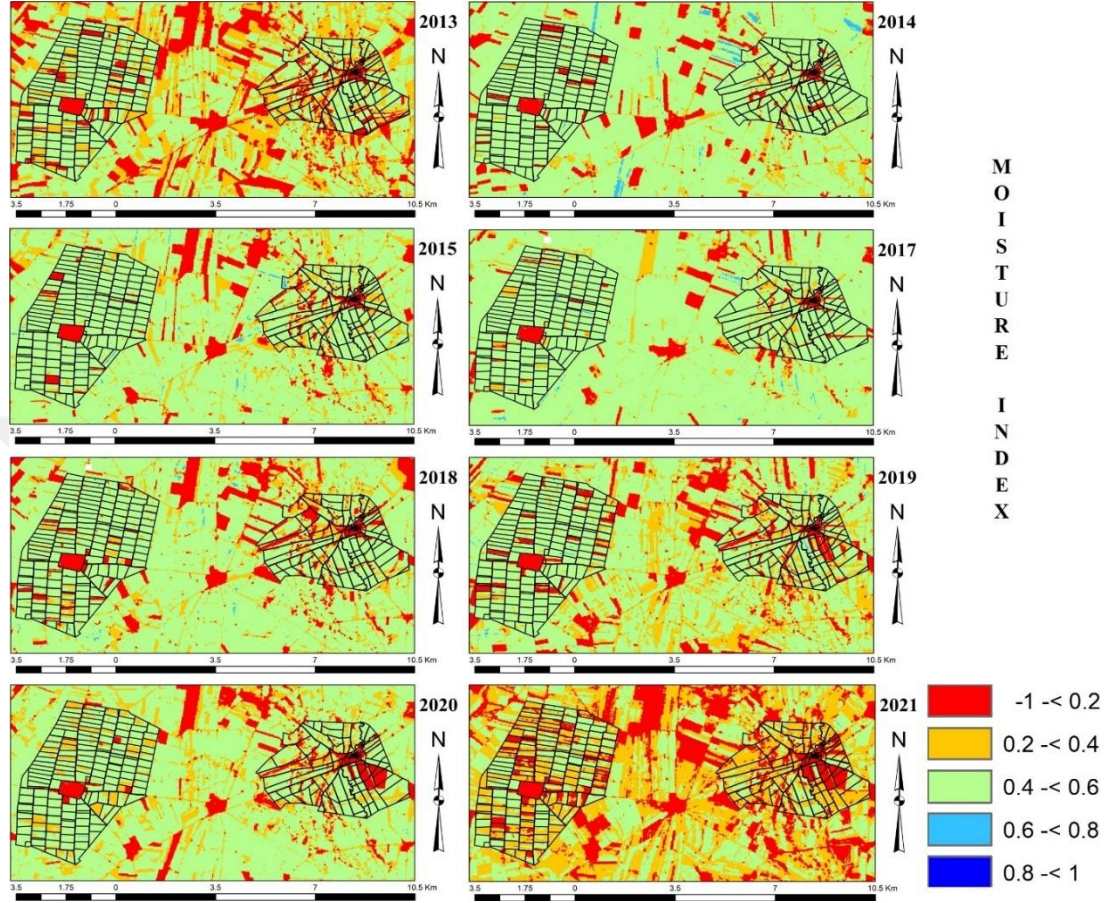
NDVI ve NDMI haritaları bu bölümde birbirleriyle olan ilişkileriyle birlikte sunulmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre, Şekil 4.1'de gösterilen NDVI haritaları, NDVI değerlerinin 2021 yılında çalışma alanındaki verilerin diğer yıllara göre en düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Çalışma alanında en yüksek NDVI değeri 0,94 ile 2018 yılında, en düşük NDVI değeri ise 0,54 ile 2021 yılında gözlenmiştir.



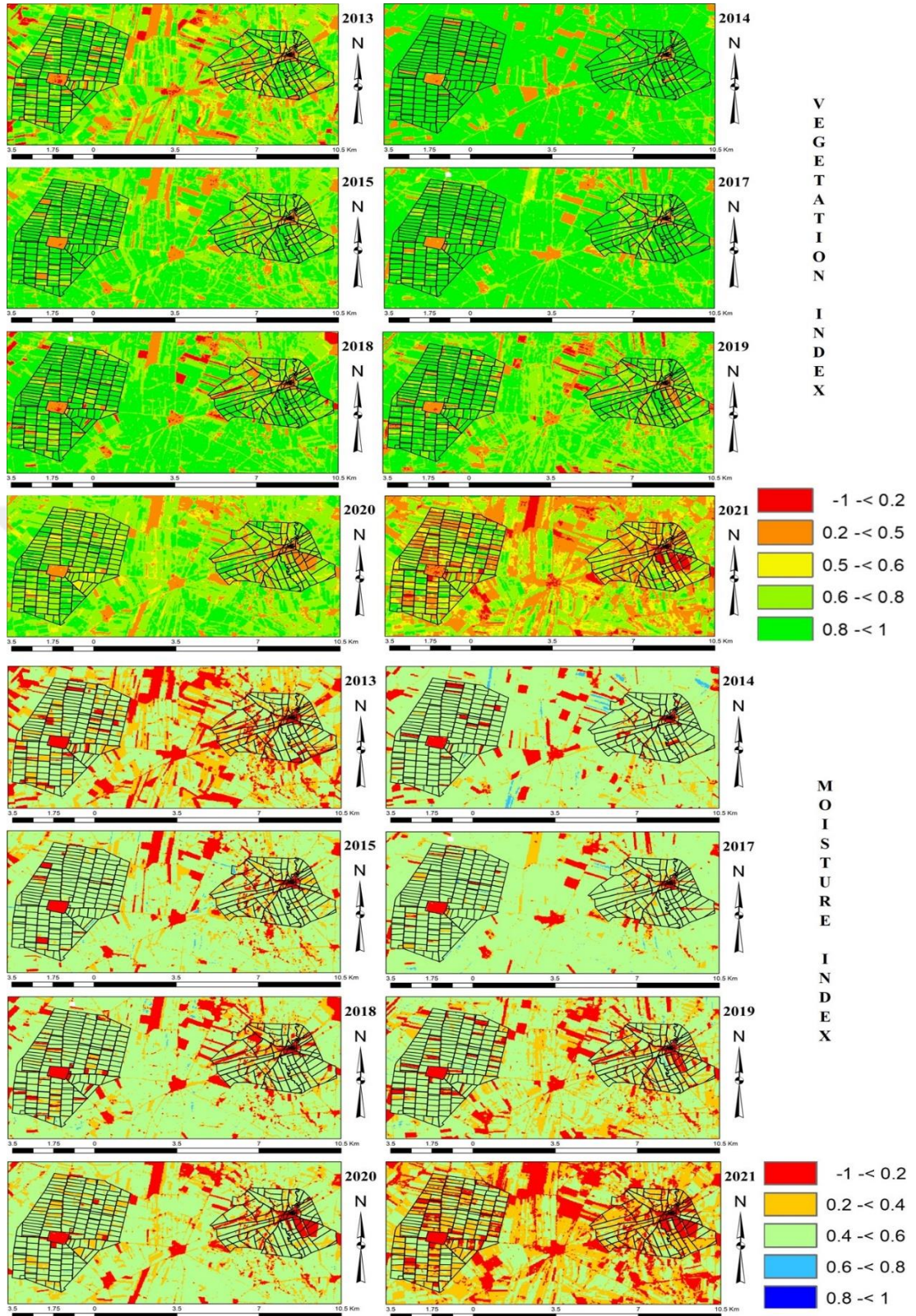
Şekil 4.1. Çalışma alanının NDVI haritaları

Şekil 4.2'de gösterilen NDMI sonuçlarına (nem indeksi) göre NDMI değerleri 2013 yılında diğer yıllara göre daha düşüktür bununla birlikte, 2021 yılındaki değerlerin ise 2013 yılına kıyasla daha da azaldığı görülmüştür. En yüksek NDMI değeri 2019 yılında 0,72 olarak gözlemlenmiştir. Ortalama NDMI değeri 2013 yılında

0.35 iken, 2021 yılında en düşük ortalama NDMI değeri 0.30 olarak bulunmuştur. Ortalama NDMI değerlerinde, 2017 yılında 0.49'dan 2021 yılında 0.30'a yaklaşık %39'luk önemli bir azalma görülmüştür.



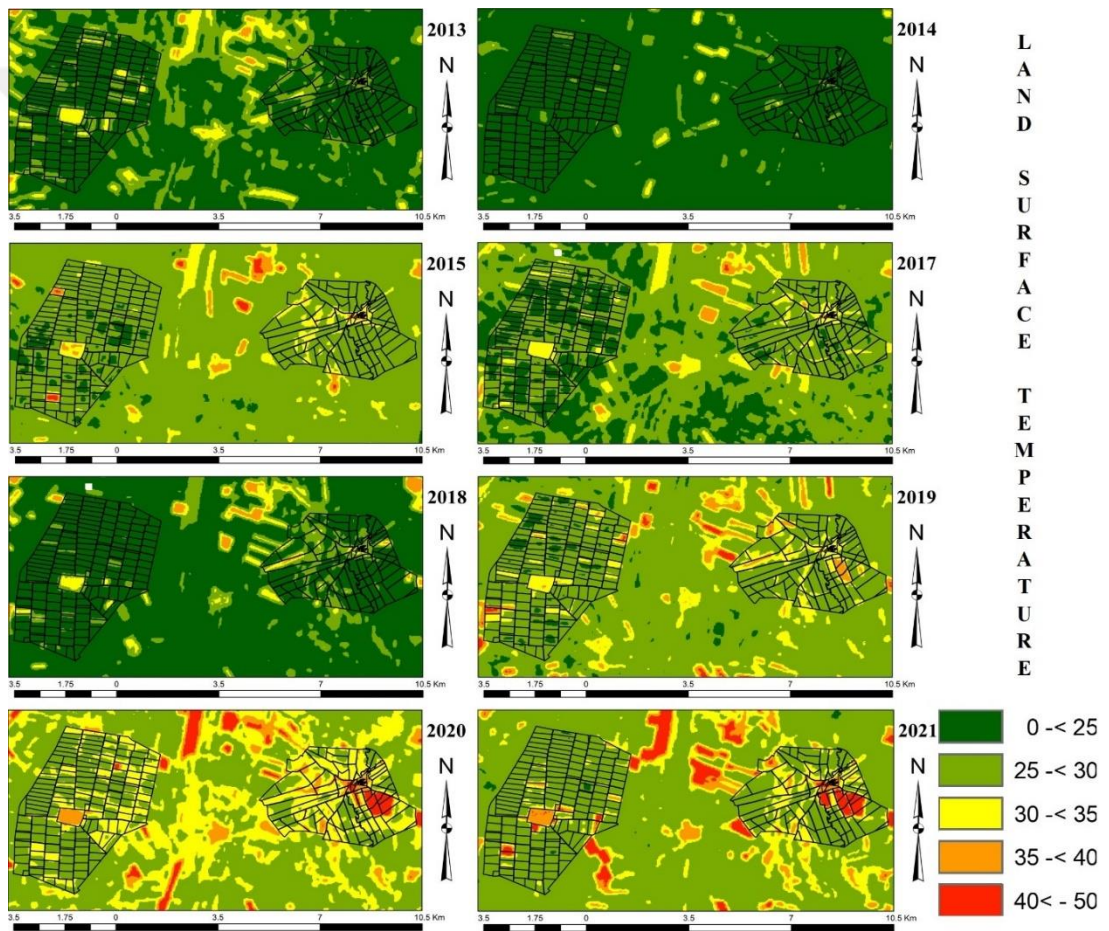
Şekil 4.2. Çalışma alanının NDMI haritaları



Şekil 4.3. Çalışma alanının NDVI (yukarı) ve NDMI (aşağı) haritaları

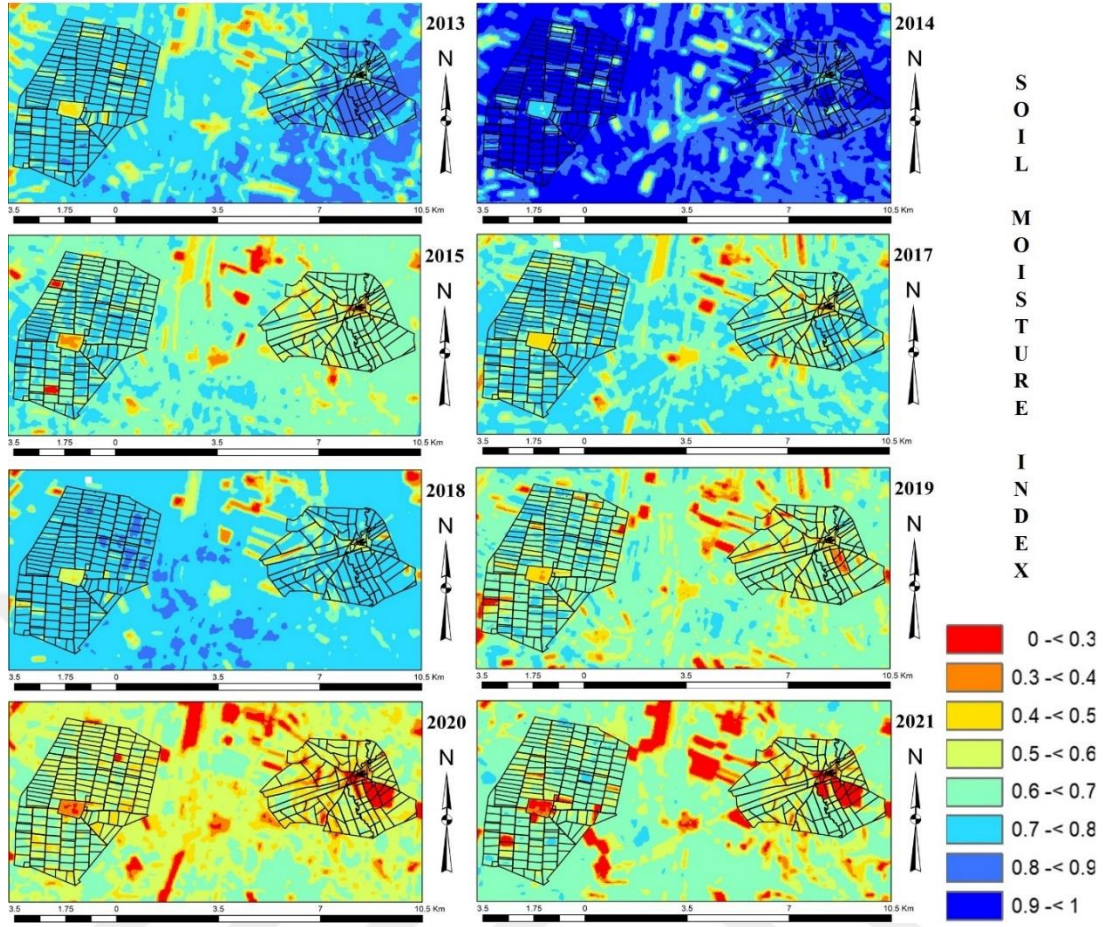
4.2. Sıcaklık Rejimi Sonuçları

Mardin ilinin tarım parsellerinde nem ve sıcaklık rejimindeki değişimler, uzaktan algılama indeksleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu bölümde LST ve SMI haritalarının ilişkileri birlikte sunulmaktadır. Şekil 4.4 ve şekil 4.5'te gösterilen yer yüzey sıcaklığı ve toprak nemi haritaları, en yüksek LST değerinin 47,1 °C ile 2021 yılında, en düşük LST değerinin ise 16,1 °C ile 2014 yılında bulunduğunu göstermektedir. LST değerleri, 2014 yılında 19,8 °C'den 2020 yılında 30,6 °C'ye yükselmiş olup ardından 2021 yılında 29,1 °C'ye hafif bir düşüş göstermiştir.



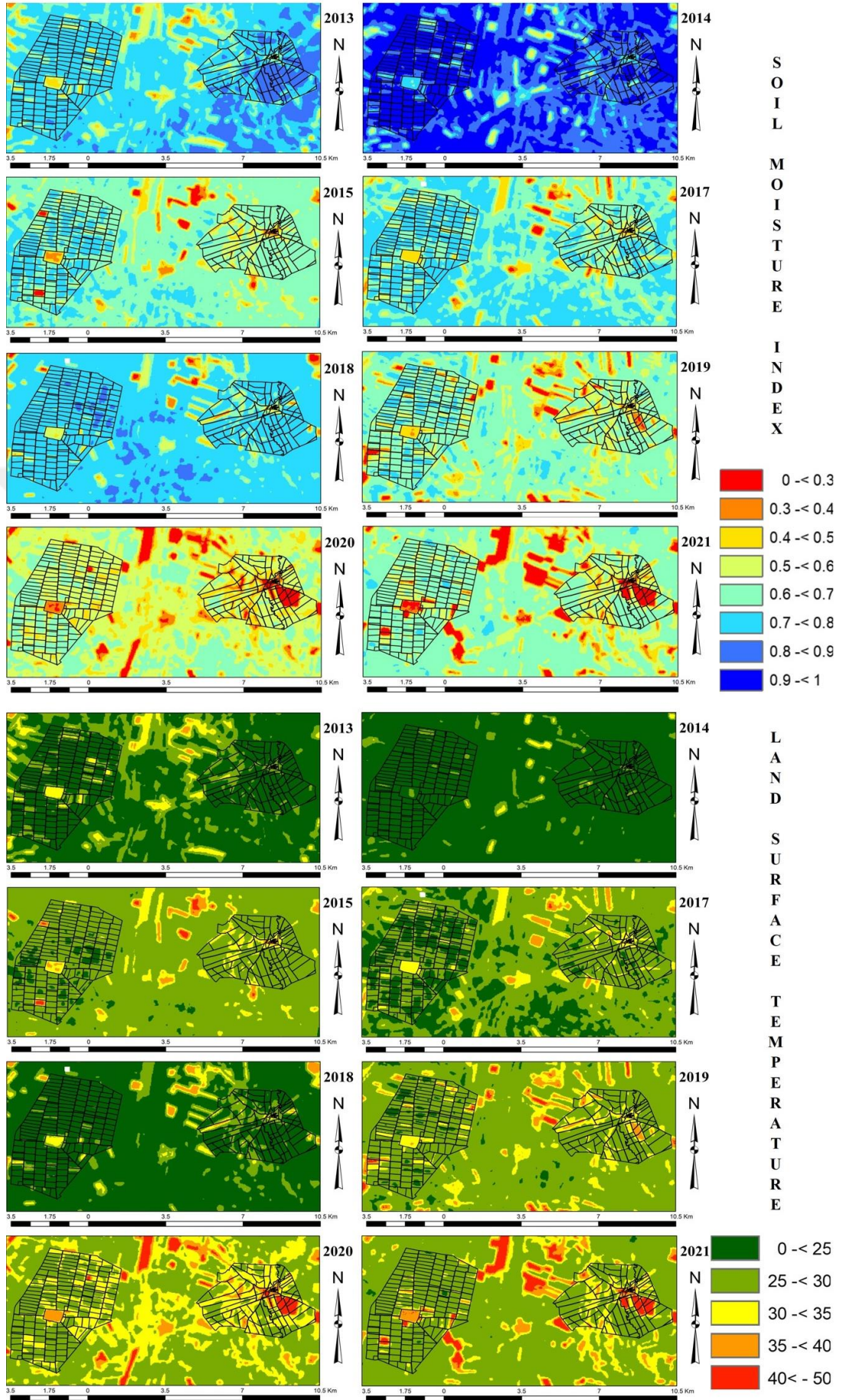
Şekil 4.4. Çalışma alanının LST haritaları

Nem 2021 yılında 0'a çok yaklaşmış, en yüksek toprak nemi ise 2013 yılında 0,88 olarak bulunmuştur. Ancak, en yüksek ortalama SMI değeri 2014 yılında 0,88 olarak gözlemlenmiş, SMI değerleri 2014 yılında 0,88'den 2020 yılında 0,53'e düşmüş, ardından 2021 yılında 0,58'e doğru hafif bir toparlanma göstermiştir.



Şekil 4.5. Çalışma alanının SMI haritaları

Elde edilen sonuçlara göre, NDMI, NDVI ve SMI değerlerinin köy yerleşimlerinde daha düşük olduğu, diğer indekslerin aksine, LST değerinin ise yerleşim alanlarında daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Çalışma alanının SMI (yukarı) ve LST (aşağı) haritaları

4.3. İstatistiksel Analizler

4.3.1. Korelasyon ve Regresyon Analizleri

Nem ve sıcaklık verilerinin istatistiksel analizi, bu değişkenler arasındaki ilişkileri ve bunların tarımsal verimlilik üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılmıştır.

- **Korelasyon Analizi:** Spektral uzaktan algılama indeks verileri arasındaki ilişkiyi incelemek için korelasyon analizi yapılmaktadır. Korelasyon analizi, bağımsız değişken veya değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkinin oran olarak ifade edilmesidir (Newbold, 2000).

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (4.1)$$

- **Regresyon Analizi:** Belirli değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi regresyon analizi ile ölçülmektedir. Lineer Regresyon belirli bir X değeri için Y'nin sayısal değerini tahmin etmek amacıyla kullanılan bir yöntemdir. Regresyon çizgisinin eğimi ve y-kesişimi biliniyorsa X için bir değer eklenebilir ve Y için ortalama değer tahmin edilebilmektedir (Sreehari ve Srivastava, 2018).

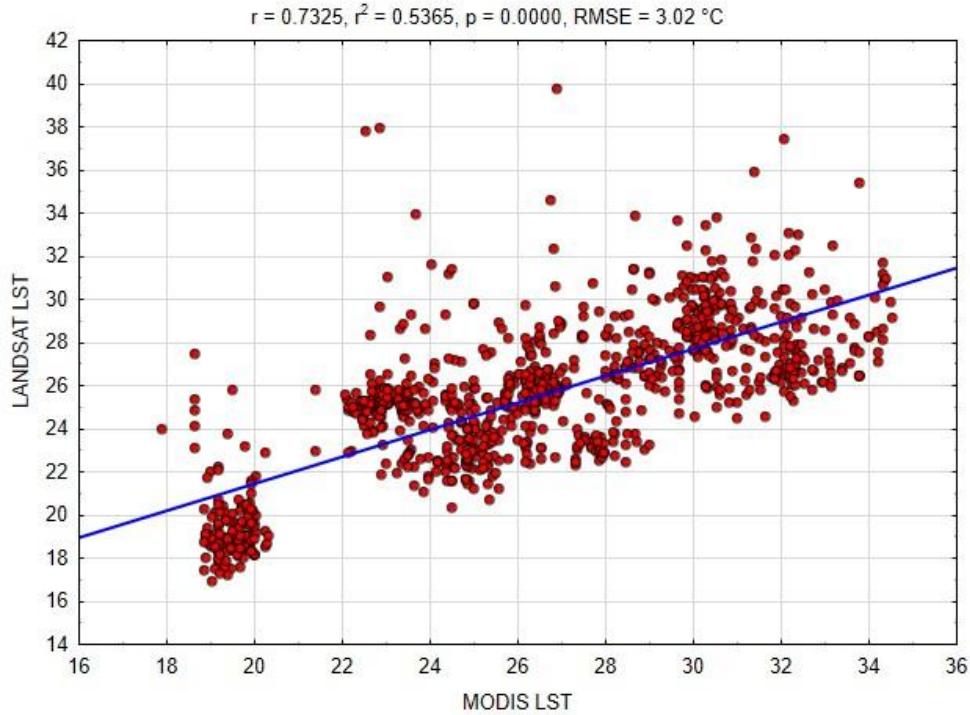
$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (4.2)$$

Yıllara göre ortalama değerler, Tablo 4.1'de verilmektedir. En yüksek ortalama yüzey sıcaklığı 2020 yılında 30,6 °C, en düşük ortalama yer yüzey sıcaklığı ise 19,8 °C ile 2014 yılında tespit edilmiştir. En yüksek ortalama NDMI değeri 2017 yılında 0,49 iken en düşük ortalama NDMI değeri ise 0,30 olarak 2021 yılında gözlenmiştir. En yüksek ortalama NDVI değeri 0,80 ile 2014 yılında, en düşük ortalama değer ise 0,54 ile 2021 yılında bulunmuştur. En yüksek ortalama SMI değeri 2014 yılında 0,88 olarak bulunurken en düşük ortalama SMI ise 2020 yılında gözlenmiştir.

Tablo 4.1. Uzaktan algılama indekslerinin yıllar itibarıyla ortalama değerleri

Ortalama değerler	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
NDVI	0,65	0,80	0,74	0,77	0,73	0,70	0,68	0,54
NDMI	0,35	0,44	0,44	0,49	0,41	0,37	0,42	0,30
LST (°C)	24,6	19,8	27,2	26,6	24,5	28,5	30,6	29,1
SMI	0,72	0,88	0,64	0,66	0,73	0,61	0,53	0,58

Landsat-8 LST verilerinin MODIS günlük LST' ye göre genel doğruluk değerlendirmesi, iki veri seti arasındaki korelasyonun güçlü pozitif olduğu ve korelasyon katsayısının ($r = 0,73$) ve belirleme katsayısının ($r^2 = 0,54$) olduğu Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Ayrıca çalışma alanında 117 homojen rastgele nokta kullanılarak karesel ortalama hatası (RMSE) 3,02 °C olarak bulunmuştur.

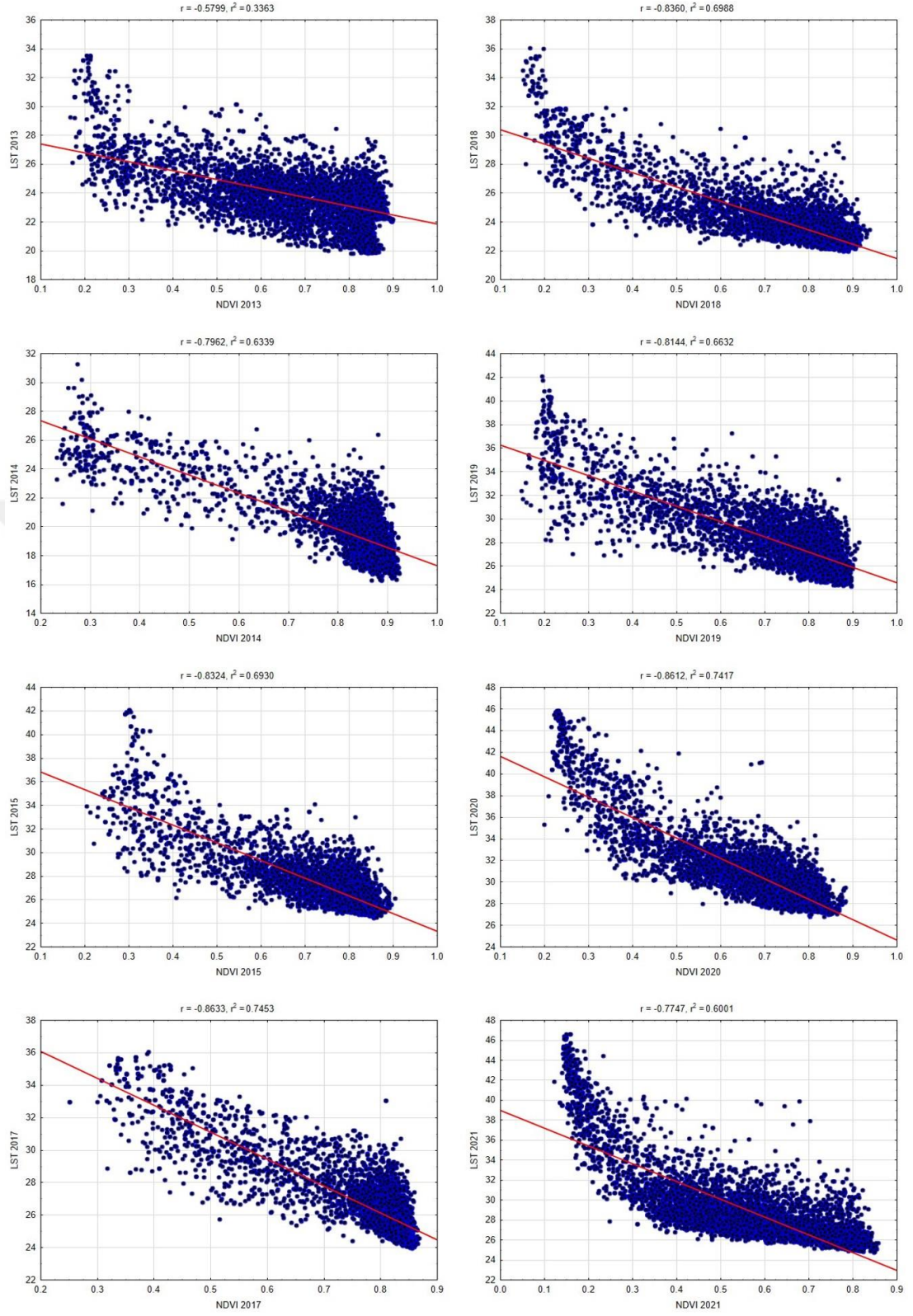


Şekil 4.7. Landsat LST' nin MODIS LST ile genel doğruluk değerlendirmesi

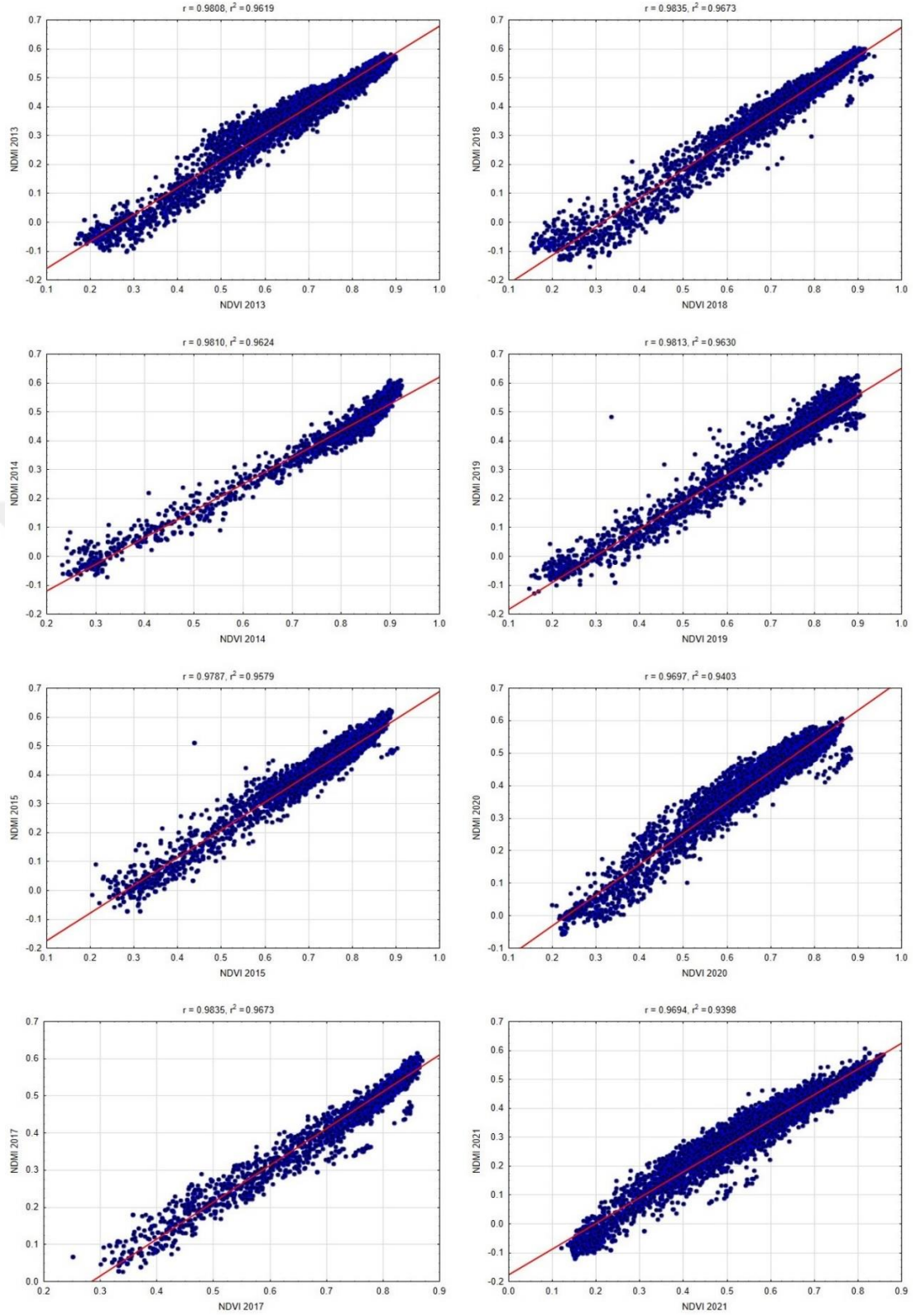
Tarım parsellerinde 5591 rastgele nokta kullanılarak hesaplanan uzaktan algılama indeksleri arasındaki ilişkiler tüm yıllara ait dağılım grafiğinde Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Şekil 4.8'e göre NDVI ile LST arasında tüm yıllar için güçlü negatif ilişkiler bulunurken iki indeks arasındaki en düşük korelasyon katsayısı ($r = -0,58$, $r^2 = 0,34$) 2013 yılında bulunmaktadır. NDVI ile LST arasındaki en yüksek korelasyon katsayısı ($r = -0,86$, $r^2 = 0,75$) ise 2017 yılında bulunmuştur.

Şekil 4.9'a göre NDVI ve NDMI ilişkileri güçlü pozitif olup tüm yıllar için korelasyon katsayıları $r = 0,97$ 'den yüksek ve belirleme katsayısı $r^2 = 0,94$ 'ten yüksek bulunmuştur. Ek olarak, iki uzaktan algılama indeksi arasında güçlü pozitif ilişkinin bulunduğu Şekil 4.10'da SMI ve NDMI ilişkileri gösterilmiştir. En yüksek korelasyon katsayısı $r=0,87$ olup hem 2017 hem de 2020 yılında, en düşük korelasyon katsayısı ise ($r=0,58$) 2013 yılında gözlenmiştir.

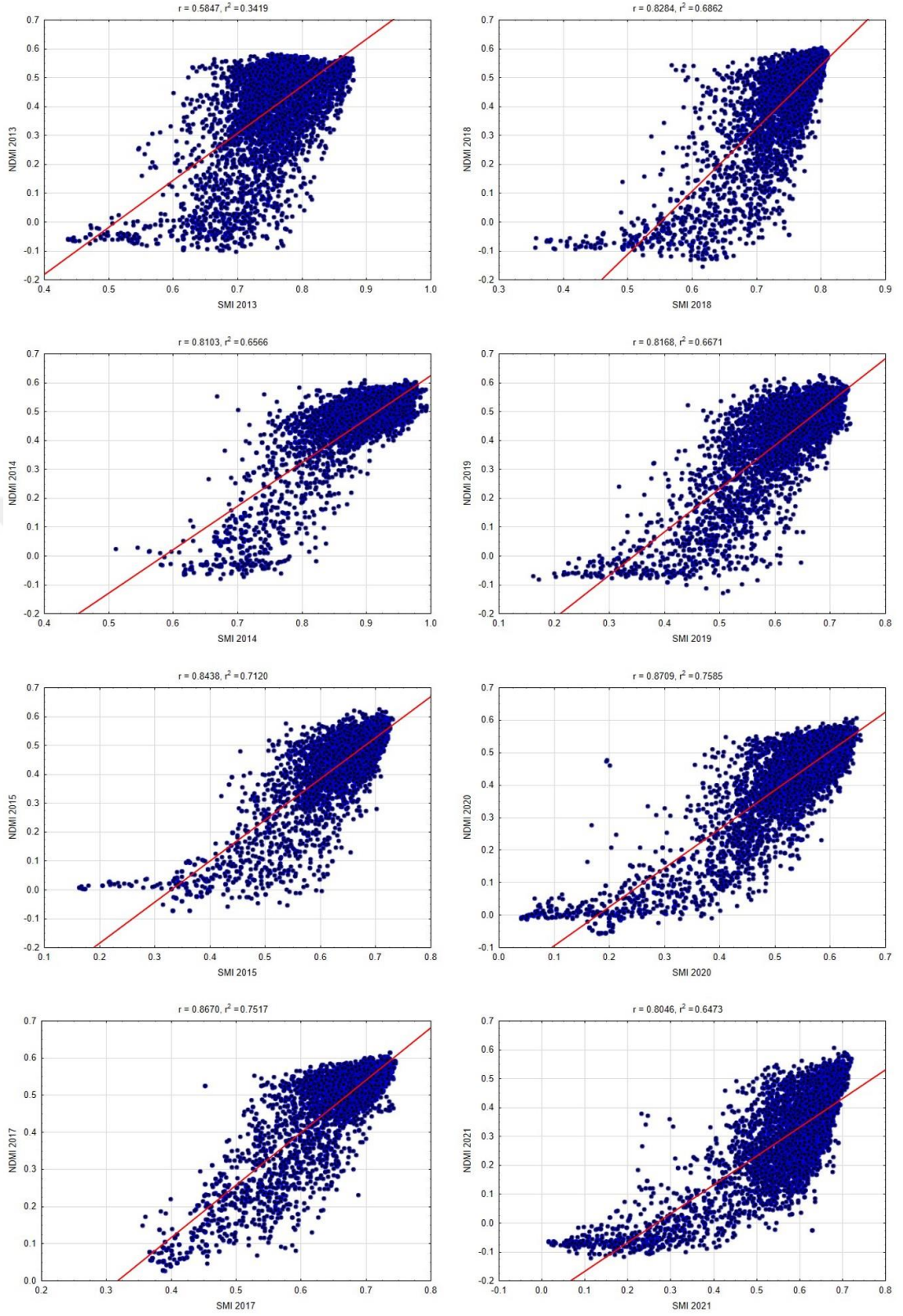




Şekil 4.8. Tüm yıllar için NDVI ve LST arasındaki dağılım grafikleri



Şekil 4.9. Tüm yıllar için NDVI ve NDMI arasındaki dağılım grafikleri



Şekil 4.10. Tüm yıllar için SMI ve NDMI arasındaki dağılım grafikleri

5. TARTIŞMA

Bir bölgedeki kuraklık ve tarımsal faaliyetler üzerinde toprak nemi ve yüzey sıcaklığı önemli rol oynamaktadır ve bunlar gibi parametreler aynı zamanda toprak yapısıyla birlikte iklim değişikliği ve toprak sağlığı hakkında da fikir vermektedir. Bu nedenle tarım bölgelerinde topraktaki su ve sıcaklık rejiminin incelenmesi, toprağın su tutması ve tarımsal ürünler hakkında bilgi edinmek açısından önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada, GAP geliştirme kapsamında, Güneydoğu Anadolu Bölgesinin Mardin ilinde, 2021 yılı dahil olmak üzere su bulunmayan iki köyde toprak nemi, bitki örtüsü yoğunluğu ve tarımsal ürünlerinin nem içeriği, arazi yüzey sıcaklığı ile birlikte uzaktan algılama indeksleri kullanılarak analiz edilmektedir. Uzaktan algılama verileri, Mardin'deki tarım parsellerinin nem ve sıcaklık rejimlerindeki değişimleri izlemede iyi bir performans göstermektedir.

Çalışma sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için 1 km uzaysal çözünürlükte günlük LST verisi sağlayan MODIS uydusundan alınan verilerle doğruluk hesaplaması yapılmış ve iki veri seti arasında güçlü pozitif korelasyonla 3,02 °C RMSE bulunmuştur ($r = 0,73$). Yapılan bilimsel çalışmalarda, Landsat LST verilerinin doğruluğunu hesaplamak için MODIS günlük LST verilerinin referans olarak alınması yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır. (Mohanasundaram vd., 2023; Yılğan vd., 2024). Arabi Aliabad vd. (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, Landsat LST verilerinin doğruluğu aynı yöntemle, MODIS uydusunu referans alarak hesaplanmış ve karşılaştırma sonuçları RMSE'nin sırasıyla 3,57 °C ve 3,67 °C olduğunu göstermektedir.

SMI değerleri 2013 ve 2014 yılına göre 2020 ve 2021 yılına doğru düşüş eğilimi gösterirken, LST değerleri artış göstermektedir. Bu yıllarda bölgede sıcaklığın artması, tarım alanlarında yüzey sıcaklığının artmasına, toprakta ve tarım ürünlerinde su tutma oranlarının azalmasına neden olmaktadır. Çalışma bölgesinden elde edilen yıllık ortalama sıcaklık ve yağış verileri dikkate alındığında bölgedeki en yüksek ortalama sıcaklık ve en düşük ortalama yağış oranı 2021 yılında kaydedilmiştir. Bu kapsamda çalışmada bulunan nem ve sıcaklık verilerinin yanı sıra meteorolojik veriler de 2021 yılının bölgede diğer yıllara göre daha kurak geçtiğini kanıtlamaktadır. Ancak çalışmanın sınırlı kalması, çalışmadaki verilerin Mayıs ayının belirli bir gününe ait olması nedeniyle önceki yıllara ait günlük sıcaklık ve yağış verilerinin bulunmamasındandır.

2017 yılı yıllık ortalama yağış miktarı 2021 yılına göre yüksek olsa da diğer yıllara göre düşüktür ancak indeks haritalarına bakıldığında 2021 hariç diğer yıllara göre 2017 yılında baskın bir kuraklık görülmektedir. Veri seti 2014 yılı Nisan ayının dördüncü günü seçildiği için en düşük yüzey sıcaklığı 2014 yılında gözlemlenmektedir. Dolayısıyla bölgedeki tarım arazilerindeki mahsullerin olgunluk aşamasına geldiği döneme denk gelmektedir. Genellikle mahsuller Mayıs ayında hasat edilmeden önce en olgun hallerindedir ve Haziran ayında ise neredeyse tamamı hasat edilmektedir.

Ayrıca elde edilen indeksler arasındaki korelasyon ilişkileri geçmişte yapılan benzer çalışmalarda NDVI-LST negatif, NDMI-SMI pozitif ve NDVI-NDMI pozitif korelasyon şeklinde bulunmuştur (Das ve ark. 2021; Das ve ark. 2023). Dolayısıyla çalışmada yöntem olarak kullanılan teknikler halen geçerliliğini korumaktadır. İndekslerin tüm korelasyon ilişkilerinin verildiği Tablo 5'e göre NDVI ve SMI, 2013 hariç tüm yıllarda NDMI ile güçlü bir ilişkiye ($r \Rightarrow 0,80$) sahipken, NDVI ve LST ilişkisi 2021'de $r = -0,77$ korelasyon olarak daha düşük çıkmaktadır. Üstelik en düşük ortalama NDMI ve NDVI 2021 yılında tespit edilmiştir. Dolayısıyla bitki örtüsü yoğunluğu azalırken yüzey sıcaklığının artması ve nemin azalması normal bir eğilim olup 2021 yılındaki aşırı sıcaklık artışından ziyade bitki örtüsü yoğunluğunun azalmasına neden olmaktadır. Korelasyonun diğer yıllara göre daha düşük olduğu görülmektedir.

Tablo 5.1. Uzaktan algılama indekslerinin Pearson korelasyon katsayıları

N= 5591, P < 0,05	2013	2014	2015	2017	2018	2019	2020	2021
NDVI – NDMI (r)	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97
NDVI – LST (r)	-0,58	-0,80	-0,83	-0,86	-0,84	-0,81	-0,86	-0,77
NDMI – SMI (r)	0,58	0,81	0,84	0,87	0,83	0,82	0,87	0,81

Assal vd. (2016) tarafından yapılan çalışmaya göre NDMI'nin bitki gelişimini ve toprak yüzeyinde bitkinin kapladığı alanın oranını etkilediği görülmektedir. Dolayısıyla bu, NDVI ve NDMI arasındaki pozitif ilişkiyi açıklamaktadır. Genel olarak çalışma, su kıtlığı olan bölgelerde çevresel faktörler ile tarımsal verimlilik arasındaki dinamik ilişkiye dair anlayışımızı geliştirmeye katkıda bulunabilmektedir.

5.1. Araştırmanın Sınırlılıkları

Çalışmanın veri ve yöntem sınırlılıkları, sonuçların ve çalışmanın geçerliliğini etkilemektedir. Uydu verilerinin mekânsal çözünürlüğü ve atmosferik koşulların veri kalitesi üzerindeki etkileri, sonuçların doğruluğuna etki etmektedir. Ayrıca, bunlara ek olarak meteorolojik veriler ve yersel verilerin eksikliği çalışmayı sınırlandırmaktadır. Toprak nemi örneklerinin eksik olması ve günlük meteorolojik verilerin elde edilemeyişi çalışmanın doğruluk oranını düşürmektedir. Çalışma geniş bir alanda yapılmış olsa bile yalnızca Mardin bölgesinde ve belirli bir zaman diliminde yapılmış olmasından dolayı tüm bölge için sonuçlar üzerinden genelleme yapılması doğru olmamaktadır. Bu sınırlılıklar, sonuçların diğer bölgelerdeki tarımsal uygulamalar için doğrudan uygulanabilirliğini kısıtlayabilmektedir.

6.BULGULAR VE ÖNERİLER

6.1.Bulgular

Türkiye'de bir GAP geliştirme projesi kapsamında yer alan Mardin ilinin iki köyü için bulut tabanlı çevrimiçi GEE platformu üzerinde uzaktan algılama görüntüleri kullanılarak nem ve yüzey sıcaklığının tarım parselleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Çalışma, tarımsal aktiviteleri ve iklim değişikliğinin etkilerini anlamak için toprak nemi ve yüzey sıcaklığının izlenmesinin önemini vurgulamaktadır. Çalışmanın ana bulguları, çalışma alanında 2013'ten 2021'e kadar olan nem ve yüzey sıcaklığı değişimlerini göstermektedir. Ancak daha kapsamlı analizler için günlük sıcaklık ve yağış verilerinin bulunmaması gibi sınırlamaların da ele alınması gerekmektedir.

6.2.Gelecek Araştırmalar İçin Öneriler

Gelecek araştırmalar için, daha yüksek çözünürlüklü uydu verileri ya da radar verileri kullanılabilir. Makine öğrenmesi kullanılarak ürün bazlı analizler yapılabilir. Bununla birlikte araziden yersel metotlar ile örnekler alınarak analiz edilebilir ve uzaktan algılama verilerinin doğruluk derecesi artırılabilir. Hem yersel hem de uzaktan algılama verilerinin kullanımı nem ve sıcaklık rejimlerinin daha hassas ve doğru bir şekilde izlenmesini sağlayabilmektedir. İklim değişikliğinin tarımsal üretim üzerindeki etkilerini azaltmak için adaptasyon stratejilerinin

geliştirilmesi gerekmektedir. Uzaktan algılama verileri, bu stratejilerin geliştirilmesinde ve uygulanmasında önemli bir rol oynayabilmektedir.



KAYNAKLAR

- Akash, M., Kumar, P. M., Bhaskar, P., Deepthi, P. R., & Sukhdev, A. (2024). Review of estimation of soil moisture using active microwave remote sensing technique. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 33, 101118.
- Anastasiou, E., Balafoutis, A. T., & Fountas, S. (2023). Trends in remote sensing technologies in olive cultivation. *Smart Agricultural Technology*, 3, 100103.
- Arabi Aliabad, F., Zare, M., & Ghafarian Malamiri, H. (2021). A comparative assessment of the accuracies of split-window algorithms for retrieving of land surface temperature using Landsat 8 data. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7, 2267-2281.
- Assal, T. J., Anderson, P. J., & Sibold, J. (2016). Spatial and temporal trends of drought effects in a heterogeneous semi-arid forest ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 365, 137-151.
- Balat, M. (2003). Southeastern Anatolia Project (GAP) of Turkey and regional development applications. *Energy exploration & exploitation*, 21(5), 391-404.
- Bilgen, A. (2019). The southeastern anatolia project (GAP) in Turkey: an alternative perspective on the major rationales of GAP. *Journal of Balkan and Near Eastern Studies*, 21(5), 532-552.
- Bogati, K., & Walczak, M. (2022). The impact of drought stress on soil microbial community, enzyme activities and plants. *Agronomy*, 12(1), 189.
- Campbell, J. B., ve Wynne, R. H. (2011). *Introduction to remote sensing*. Guilford Press.
- Chander, G., Markham, B. L., ve Helder, D. L. (2009). Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sensing of Environment*, 113(5), 893-903.
- Dai, L., Sener, Y., Oruncak, M., & Öztürk, H. H. (2021). A Survey on Energy Use in Agricultural Irrigation and Determination of Saving Measures in Şanlıurfa, Diyarbakir and Mardin Provinces in Turkey. *European Journal of Agriculture and Food Sciences*, 3(6), 23-31.
- Daliakopoulos, I. N., Tsanis, I. K., Koutroulis, A., Kourgialas, N. N., Varouchakis, A. E., Karatzas, G. P., & Ritsema, C. J. (2016). The threat of soil salinity: A European scale review. *Science of the total environment*, 573, 727-739.
- Das, A. C., Noguchi, R., & Ahamed, T. (2021). An assessment of drought stress in tea estates using optical and thermal remote sensing. *Remote Sensing*, 13(14), 2730.
- Das, A. C., Shahriar, S. A., Chowdhury, M. A., Hossain, M. L., Mahmud, S., Tusar, M. K., ... & Salam, M. A. (2023). Assessment of remote sensing-based indices for drought monitoring in the north-western region of Bangladesh. *Heliyon*, 9(2).
- Dash, P., Göttsche, F.-M., Olesen, F.-S., & Fischer, H. (2002). Land surface temperature and emissivity estimation from passive sensor data: Theory and practice-current trends. *International Journal of Remote Sensing*, 23(13), 2563–2594.
- Doğan, Y., Yücedağ, M., & Doğan, S. (2023). Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinin Mardin-

Kızıltepe ve Şanlıurfa-Bozova Koşullarında Verim ve Verim Unsurları Bakımından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 739-749.

Aditya, D. Remote sensing: An overview with fundamentals and applications.

Faruqi, I. A. (2021). The study of geological structures as predictive analysis of land degradation using remote sensing data. *Proc. Tokyo Technol.*, 2, 59-67.

FAO (Food and Agriculture Organization of United Nations) (2009). Declaration of the world summit on food security. In *World Summit on Food Security* (pp. 16–18). FAO Quebec City, QC, Canada.

Gumma, M. K., Kadiyala, M. D. M., Panjala, P., Ray, S. S., Akuraju, V. R., Dubey, S., ... & Whitbread, A. M. (2022). Assimilation of remote sensing data into crop growth model for yield estimation: A case study from India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 50(2), 257-270.

Geng, S. M., Yan, D. H., Zhang, T. X., Weng, B. S., Zhang, Z. B., & Qin, T. L. (2015). Effects of drought stress on agriculture soil. *Natural Hazards*, 75, 1997-2011.

Ghazaryan, G., Dubovyk, O., Graw, V., Kussul, N., & Schellberg, J. (2020). Local-scale agricultural drought monitoring with satellite-based multi-sensor time-series. *GIScience & Remote Sensing*, 57(5), 704-718.

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.

Hadrovic, A. (2024). The historical mardin city in turkey. *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation* 05(01), 881-905

Hermans, K., & McLeman, R. (2021). Climate change, drought, land degradation and migration: exploring the linkages. *Current opinion in environmental sustainability*, 50, 236-244.

Hunt, E. D., Hubbard, K. G., Wilhite, D. A., Arkebauer, T. J., & Dutcher, A. L. (2009). The development and evaluation of a soil moisture index. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 29(5), 747-759.

Ihlen, V., & Zanter, K. (2019). *Landsat 8 data users handbook*. US Geological Survey: Sioux Falls, SD, USA, 55.

Janga, B., Asamani, G. P., Sun, Z., & Cristea, N. (2023). A review of practical ai for remote sensing in earth sciences. *Remote Sensing*, 15(16), 4112.

Kankal, M., Nacar, S., & Uzlu, E. (2016). Status of hydropower and water resources in the Southeastern Anatolia Project (GAP) of Turkey. *Energy Reports*, 2, 123-128.

Karaalp-Orhan, H. S. (2020). Regional disparities in Turkey: a socio-economic perspective. *European Journal of Sustainable Development*, 9(3), 103-103.

Kılıçaslan, S. (2024). Determination of Mardin-Kızıltepe plain groundwater level using geographic information systems and analysis of change between 1985-2019. *Harran*

Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 28(4), 638-658.

- Kizilgeci, F., Yildirim, M., Islam, M. S., Ratnasekera, D., Iqbal, M. A., & Sabagh, A. E. (2021). Normalized difference vegetation index and chlorophyll content for precision nitrogen management in durum wheat cultivars under semi-arid conditions. *Sustainability*, 13(7), 3725.
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., and Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Liu, Z., Xia, Z., Chen, F., Hu, Y., Wen, Y., Liu, J., ... & Liu, L. (2020). Soil moisture index model for retrieving soil moisture in semiarid regions of China. *IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing*, 13, 5929-5937.
- Lobell, D. B., ve Gourdji, S. M. (2012). The influence of climate change on global crop productivity. *Plant physiology*, 160(4), 1686-1697.
- Miyata, S., & Fujii, T. (2007). Examining the socioeconomic impacts of irrigation in the Southeast Anatolia Region of Turkey. *Agricultural Water Management*, 88(1-3), 247-252.
- Mohanasundaram, S., Baghel, T., Thakur, V., Udmale, P., & Shrestha, S. (2023). Reconstructing NDVI and land surface temperature for cloud cover pixels of Landsat-8 images for assessing vegetation health index in the Northeast region of Thailand. *Environmental monitoring and assessment*, 195(1), 211.
- Nadafzadeh, M., & Abdanan Mehdizadeh, S. (2019). Design and fabrication of an intelligent control system for determination of watering time for turfgrass plant using computer vision system and artificial neural network. *Precision Agriculture*, 20(5), 857–879.
- Newbold, P. (2000). İşletme ve iktisat için istatistik. Literatür.
- Ozdogan, M., Woodcock, C. E., Salvucci, G. D., & Demir, H. (2006). Changes in summer irrigated crop area and water use in Southeastern Turkey from 1993 to 2002: Implications for current and future water resources. *Water resources management*, 20, 467-488.
- Ozesmi, S. L., & Bauer, M. E. (2002). Satellite remote sensing of wetlands. *Wetlands ecology and management*, 10, 381-402
- Polat, N., & Uğur, M. A. (2016). Determination of the Long-term Trend in Satellite-retrieved Land Surface Temperature (LST) for Şanlıurfa, Turkey. In 1st International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences, At: Afyonkarahisar, Turkey Volume (Vol. 1, No. 1).
- Polat, N. (2020). Mardin ilinde uzun yıllar yer yüzey sıcaklığı değişiminin incelenmesi. *Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi*, 2(1), 10-15.
- Rogel, J. A., Ariza, F. A., & Silla, R. O. (2000). Soil salinity and moisture gradients and plant zonation in Mediterranean salt marshes of Southeast Spain. *Wetlands*, 20(2), 357-372

- Roque, C. G., de Oliveira, J. T., Baio, F. H. R., Godinho, O. L., & da Cunha, F. F. (2023). Correlations between soil properties and spectral index (healthy vegetation) in soybean crops. *Agronomía Colombiana*, 41(3), e112405-e112405.
- Roy, D. P., vd. (2014). Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*, 145, 154-172.
- Singh, A. (2014). Irrigation planning and management through optimization modelling. *Water resources management*, 28(1), 1-14.
- Sklenicka, P., Janovska, V., Salek, M., Vlasak, J., and Molnarova, K. (2014). The Farmland Rental Paradox: Extreme land ownership fragmentation as a new form of land degradation. *Land Use Policy*, 38, 587–593. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.006>
- Sobrino, J. A., Caselles, V., & Becker, F. (1990). Significance of the remotely sensed thermal infrared measurements obtained over a citrus orchard. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 44(6), 343–354.
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434–440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Sobrino, J. A., & Raissouni, N. (2000). Toward remote sensing methods for land cover dynamic monitoring: Application to Morocco. *International Journal of Remote Sensing*, 21(2), 353–366.
- Sreehari, E., & Srivastava, S. (2018, December). Prediction of climate variable using multiple linear regression. In 2018 4th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA) (pp. 1-4). IEEE.
- Sweet, D. D., Tirado, S. B., Springer, N. M., Hirsch, C. N., & Hirsch, C. D. (2022). Opportunities and challenges in phenotyping row crops using drone based RGB imaging. *The Plant Phenome Journal*, 5(1), e20044.
- Taloor, A. K., Manhas, D. S., & Kothyari, G. C. (2021). Retrieval of land surface temperature, normalized difference moisture index, normalized difference water index of the Ravi basin using Landsat data. *Applied Computing and Geosciences*, 9, 100051.
- Tripathi, A., Tiwari, R. K., & Tiwari, S. P. (2022). A deep learning multi-layer perceptron and remote sensing approach for soil health based crop yield estimation. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 113, 102959.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150.
- Weng, Q., Lu, D., & Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, 89(4), 467–483.

- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025–3033.
- Xue, J., Fulton, A., & Kisekka, I. (2021). Evaluating the role of remote sensing-based energy balance models in improving site-specific irrigation management for young walnut orchards. *Agricultural Water Management*, 256, 107132.
- Yilgan, F., Miháliková, M., Kara, R. S., & Ustuner, M. (2024). Analysis of the forest fire in the ‘Bohemian Switzerland’ National Park using Landsat-8 and Sentinel-5P in Google Earth Engine. *Natural Hazards*, 1-22.
- Yilgan, F., Miháliková, M., Vopravil, J., Matula, S., & Kara, R. S. (2022). Analysis of Soil Moisture and Temperature Regime by Using Remote Sensing in South Bohemia, Czech Republic. In *2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)* (pp. 1-6). IEEE.
- Zhang, C., Zhang, H., & Zhang, L. (2021). Spatial domain bridge transfer: An automated paddy rice mapping method with no training data required and decreased image inputs for the large cloudy area. *Computers and Electronics in Agriculture*, 181, 105978.
- Zhu, Z., ve Woodcock, C. E. (2012). Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery. *Remote sensing of environment*, 118, 83-94.
- Živaljević, B., Mimić, G., Blagojević, D., Marko, O., & Brdar, S. (2023, May). Monitoring of agricultural drought using Crop Moisture Stress index and the estimation of resulting maize yield reduction. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU-181).

ÖZ GEÇMİŞ

Garbi DURSUN, Adana İsmet İnönü Teknik Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği bölümünden 28.05.2018 tarihinde mezun oldu. 2021 yılında OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana özel sektörde Harita Mühendisi olarak görev yapan Garbi DURSUN, birçok alt yapı, inşaat, sulama, arsa arazi düzenlemeleri ve halihazır projelerine katkıda bulunmuştur. Temel ilgi alanları, uzaktan algılama, fotogrametri, 3D yazılım uygulamaları vb. (01/01/2025).

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0009-0003-2331-9890

Yayınlar:

1. Mardin İli Tarım Parsellerinin Yer Yüzey Sıcaklığı ve Nem Rejiminin Landsat-8 Uzaktan Algılama Verileri Kullanılarak İncelenmesi. (4. Lisansüstü Çalışmalar Kongresi 5-8 Haziran 2024)